

# Criação e Formatação de Gráficos com o



Tiago de Paula

O Origin é um dos *softwares* mais tradicionais e mais robustos na área de análise gráfica de dados. Inicialmente foi desenvolvido para ser usado com microcalorímetros, mas seu foco foi mudando para áreas de pesquisa em geral e suas funcionalidades acompanharam, se tornando cada vez mais genéricas. Por se tratar de um produto pago, a sua qualidade é bem confiável e ele vem recheado com as mais variadas ferramentas para desenhar gráficos e analisar os dados envolvidos.

Nesse tutorial, no entanto, serão abordadas apenas as ferramentas necessárias para o curso de Física Experimental 3 (F 329). O tutorial parte das funcionalidades mais básicas, nas duas primeiras seções (*Configurações Básicas* e *Apresentação dos Dados*), que serão usadas em todos os gráficos, até algumas partes um pouco mais específicas, de *Escala Logarítmica*, *Curva Característica*, *Gráficos de Múltiplas Variáveis* e *Curvas de Nível*. As outras seções, *Regressão Linear* e *Barras de Incerteza*, que são intermediárias, também serão usadas em vários gráficos de vários experimentos distintos.

## 0 Configurações Básicas

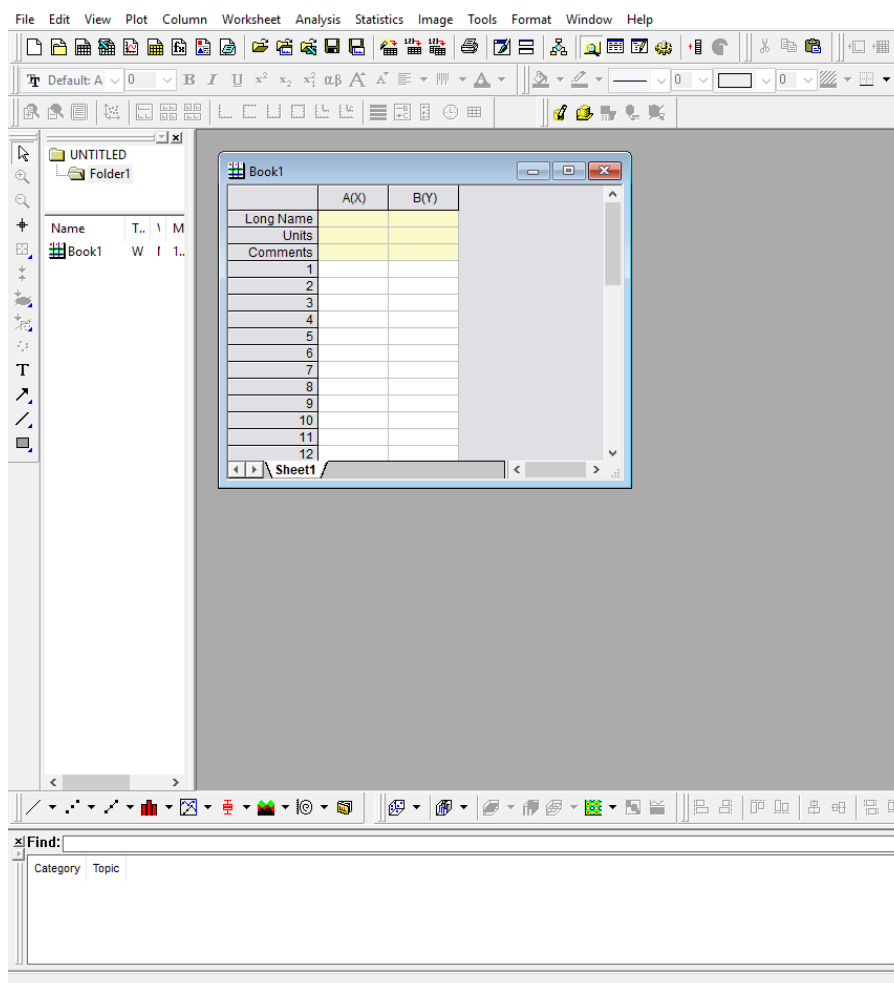


Figura 1: Tela inicial do Origin

### 0.1 Alterando a Fonte Padrão

Como a fonte padrão do Origin não funciona muito bem com acentos e outros símbolos da língua portuguesa, é recomendado utilizar outra fonte nos gráficos. Nos exemplos a seguir será aplicada a fonte Times New Roman, que funciona com os acentos gráficos e é facilmente encontrada em qualquer máquina com Windows. Todo o processo é bem simples e está especificado na figura 2.

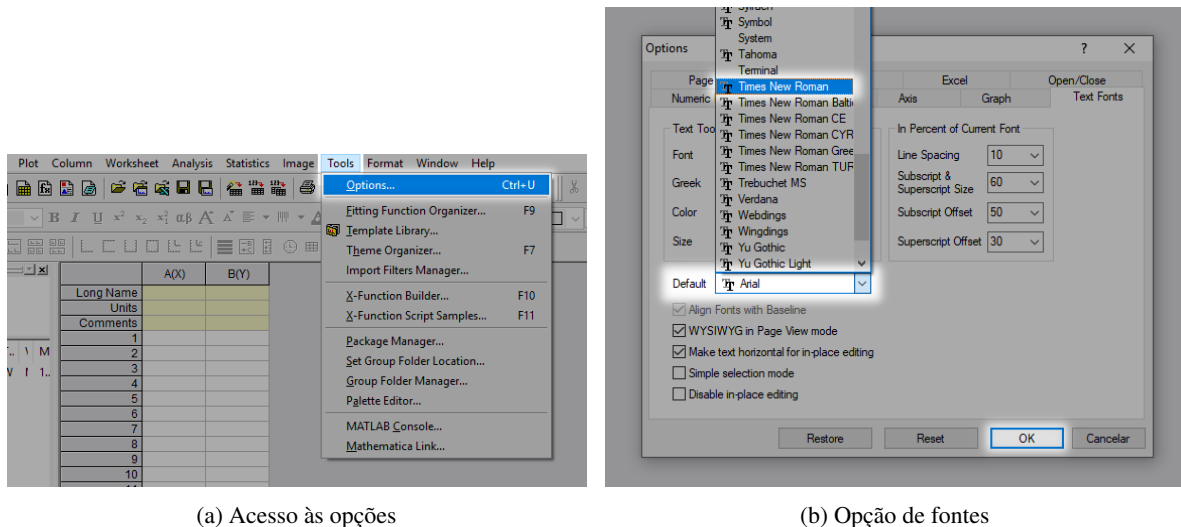


Figura 2: Mudando a fonte padrão

### 0.2 Importando os Dados

Os dados podem ser apenas copiados de um gerenciador de tabelas como o Excel, o Google Planilhas ou o LibreOffice Calc e colados na tabela do Origin. Quando os dados são importados assim, a formatação das linhas e colunas se matém.

Também é possível importar dados de arquivos de texto, como os arquivos com extensão .csv ou planilhas salvas do Excel, apesar de ser um pouco mais complicado. Versões mais recentes do programa fornecem até a opção de pegar dados de páginas da internet.



Cuidado com o separador decimal. Em português e outras línguas europeias é mais comum encontrar a vírgula [, ] como separador da parte decimal do número, enquanto nos países anglofônicos é o ponto final [. ] que define a parte fracionária e a vírgula serve para separar os milhares. Isso pode trazer problemas na hora de importar os dados, dependendo da configuração do Origin e da formatação original dos dados.

### 0.3 Renomeando Colunas

Por padrão, as colunas são criadas com letras (figura 3). Para mudar isso, basta alterar as propriedades da coluna (acessada com um clique duplo na coluna), como na figura 4. Os campos mais importantes são:

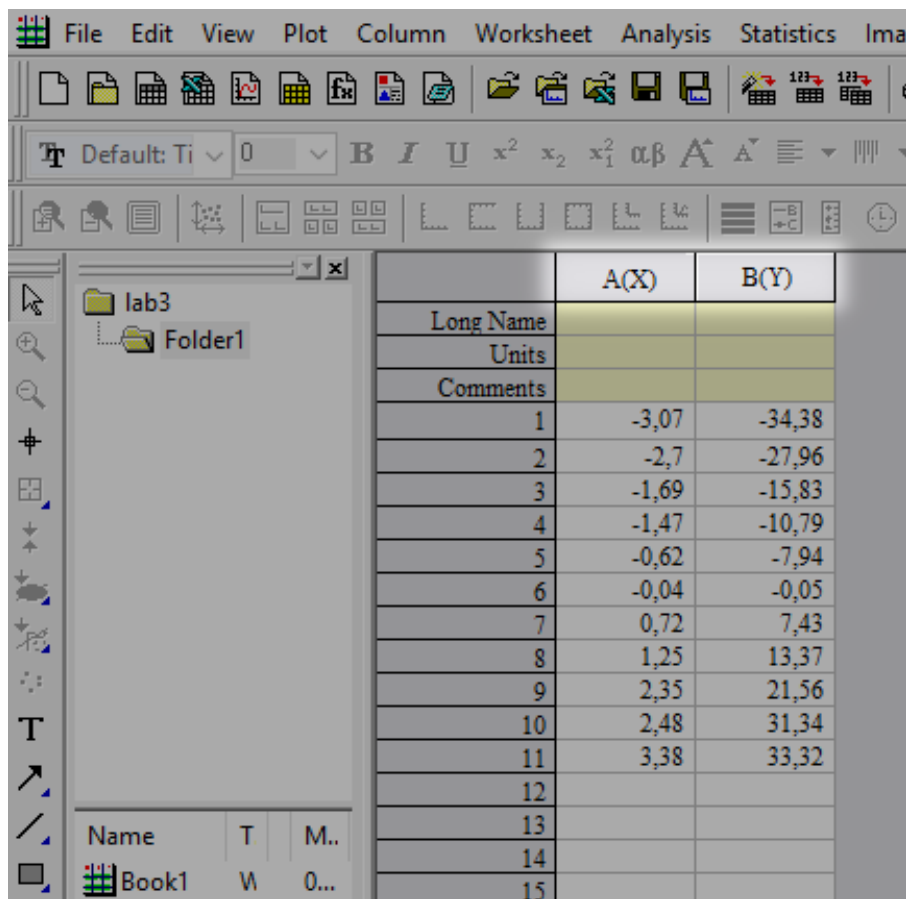
**Short Name** o nome da coluna na tabela do Origin

**Long Name** um nome mais descritivo para o valor e é o que normalmente aparece no gráfico

**Units** a gradeza física do valor

**Plot Designation** é a função da coluna no gráfico, que pode ser Y, X, YErr, Z, entre outros...

Além disso, se você importar os dados de um arquivo CSV, é possível utilizar as primeiras linhas como nome ou descrição da coluna.



	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	-3,07	-34,38
2	-2,7	-27,96
3	-1,69	-15,83
4	-1,47	-10,79
5	-0,62	-7,94
6	-0,04	-0,05
7	0,72	7,43
8	1,25	13,37
9	2,35	21,56
10	2,48	31,34
11	3,38	33,32
12		
13		
14		
15		

Figura 3: Colunas com nomes genéricos

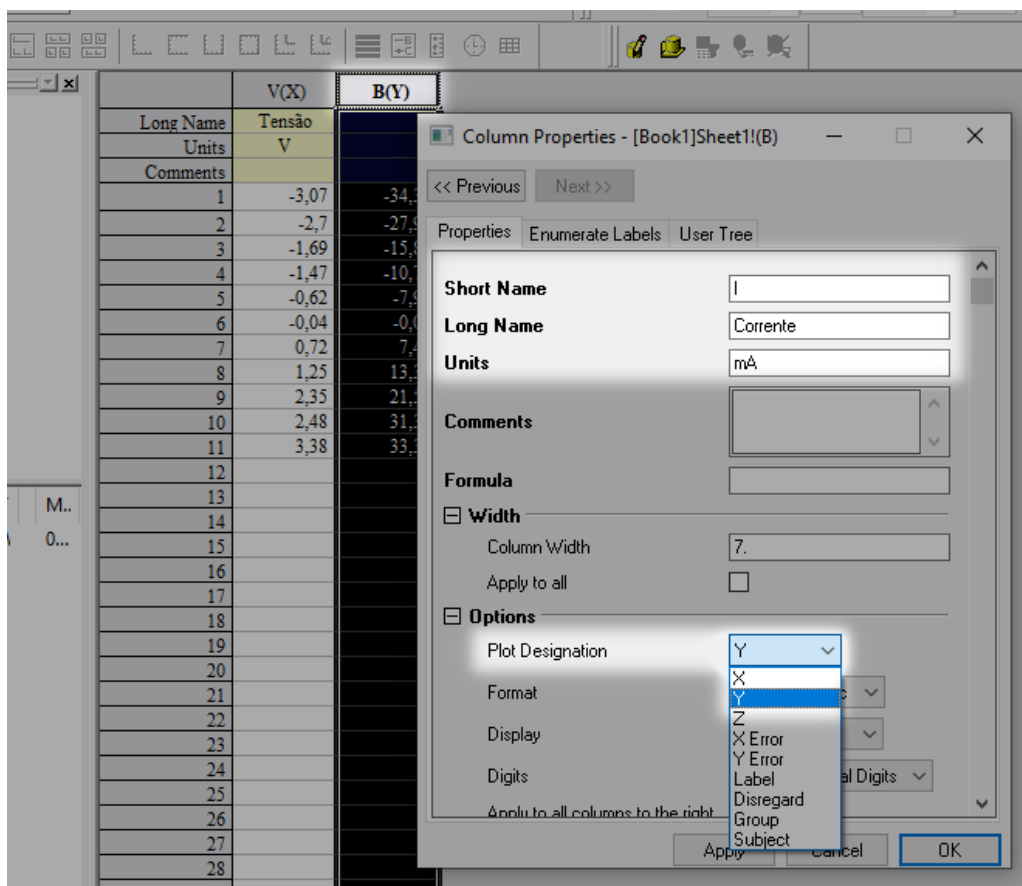


Figura 4: Alterando as propriedades da coluna

# 1 Apresentação dos Dados

Nesta seção, será tomado como exemplo a relação de corrente e tensão em um resistor, dado na teoria por (1). São os mesmos dados da figura 3, da seção *Renomeando Colunas*, que foram gerados por computador.

$$I = \frac{1}{R} V \quad (1)$$

Por mais que sejam esses os dados usados aqui, essa parte de apresentação de dados é importante para todos os tipos de dados, em especial, quando coletados à mão, como é o caso dos experimentos da disciplina de F 329.

## 1.1 Dados Pontuais

Normalmente, quando se trata de dados pontuais, é importante mostrar esses dados de forma gráfica, além de em alguma tabela. O modo de se fazer isso no Origin é com a funcionalidade Scatter (figura 5).

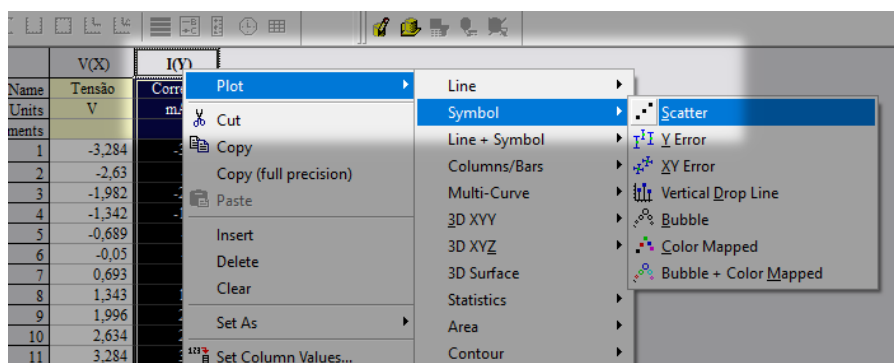


Figura 5: Scatter

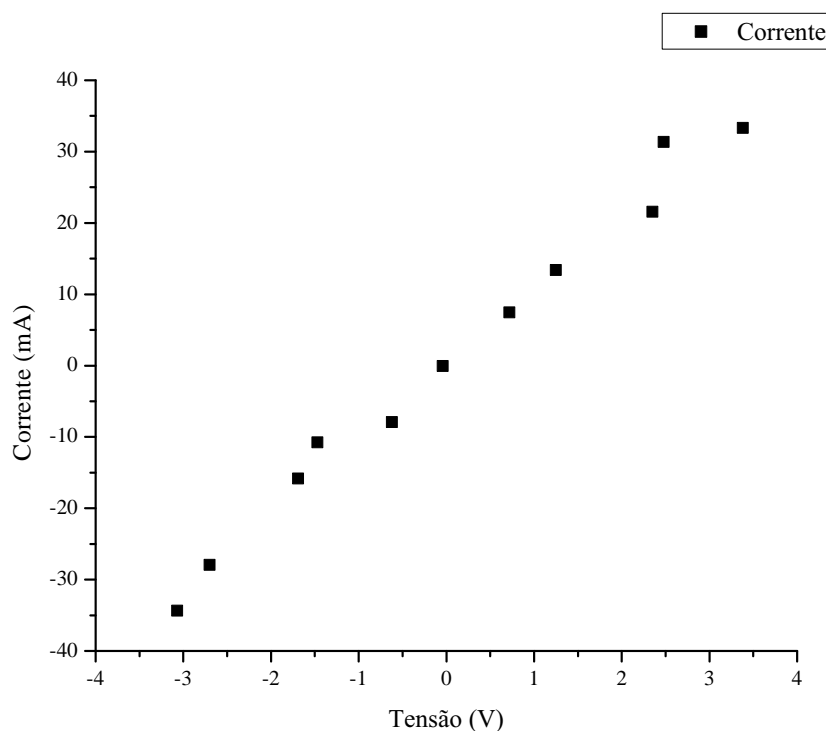


Figura 6: Resultado do Scatter

## 1.2 Tratamento da Legenda

O Origin gera uma legenda padrão para os elementos desenhados no gráfico. O ideal é alterá-las para serem mais e elas também podem ser reposicionadas apenas arrastando-as.



Figura 7: Alterando o texto da legenda

### 1.3 Marcadores de Ponto

Os pontos de dados do Scatter são por padrão marcados com um quadrado preenchido. Isso pode ser alterado acessando as opções por qualquer um dos pontos no gráfico. Existem várias opções de formatação do marcador, incluindo desenho, tamanho e cor.

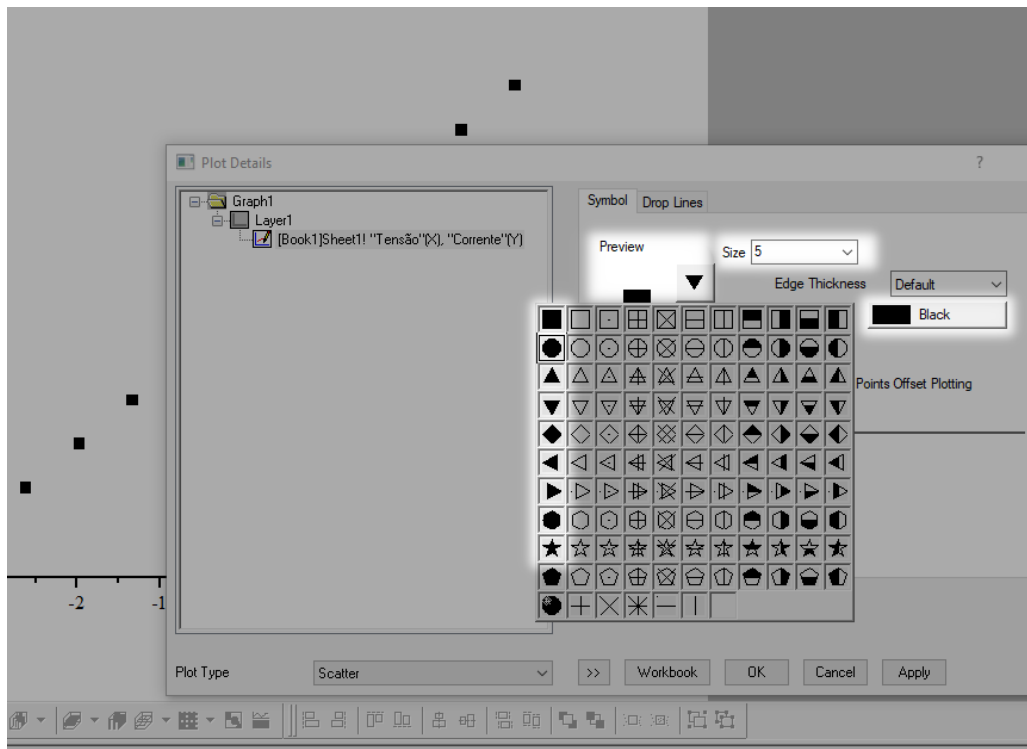


Figura 8: Alterando os marcadores

No material, será usado marcadores circulares, preenchidos com preto e de tamanho 5.

### 1.4 Linhas de Grid

Para ler melhor os eixos do gráfico, é possível colocar retas acompanhando os valores principais.

No material, será utilizado linhas horizontais e verticais. As linhas principais serão em cinza escuro em traços e as linhas secundárias em cinza claro com pontilhado. Essas configurações podem e devem ser alteradas para cada gráfico, dependendo da importância da leitura dos valores.

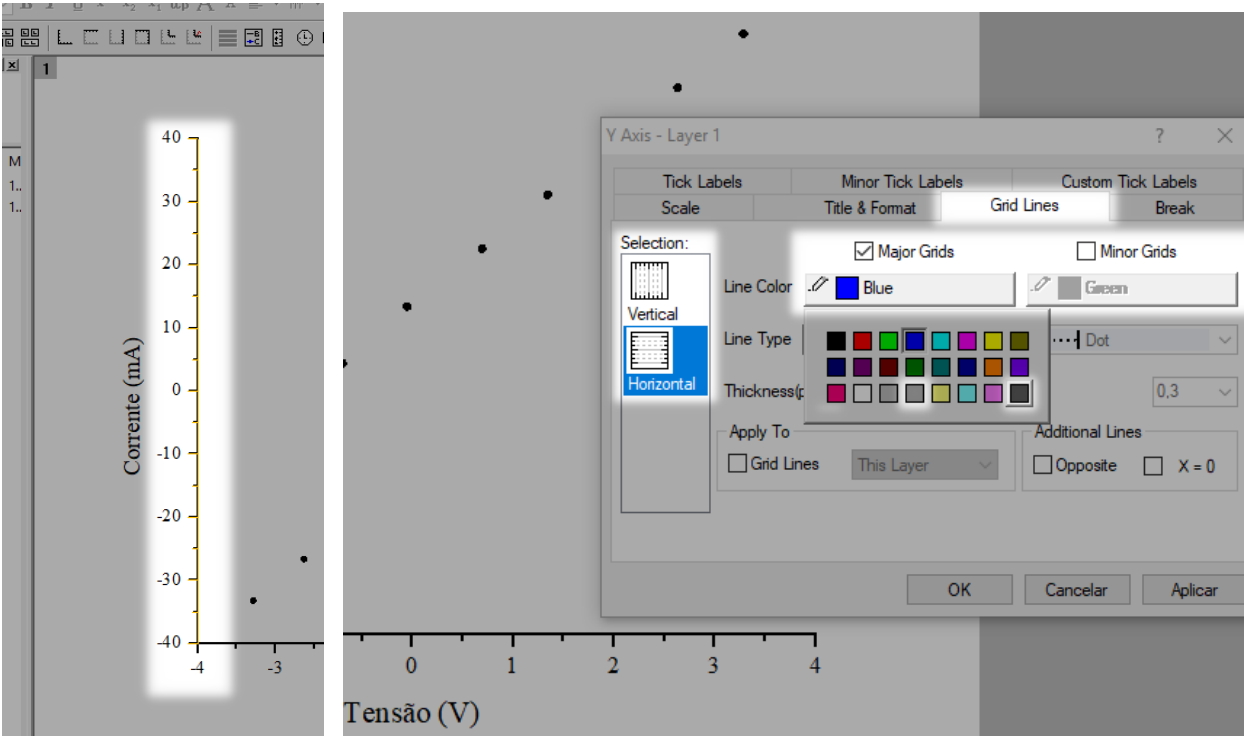


Figura 9: Opções de linhas de *grid*

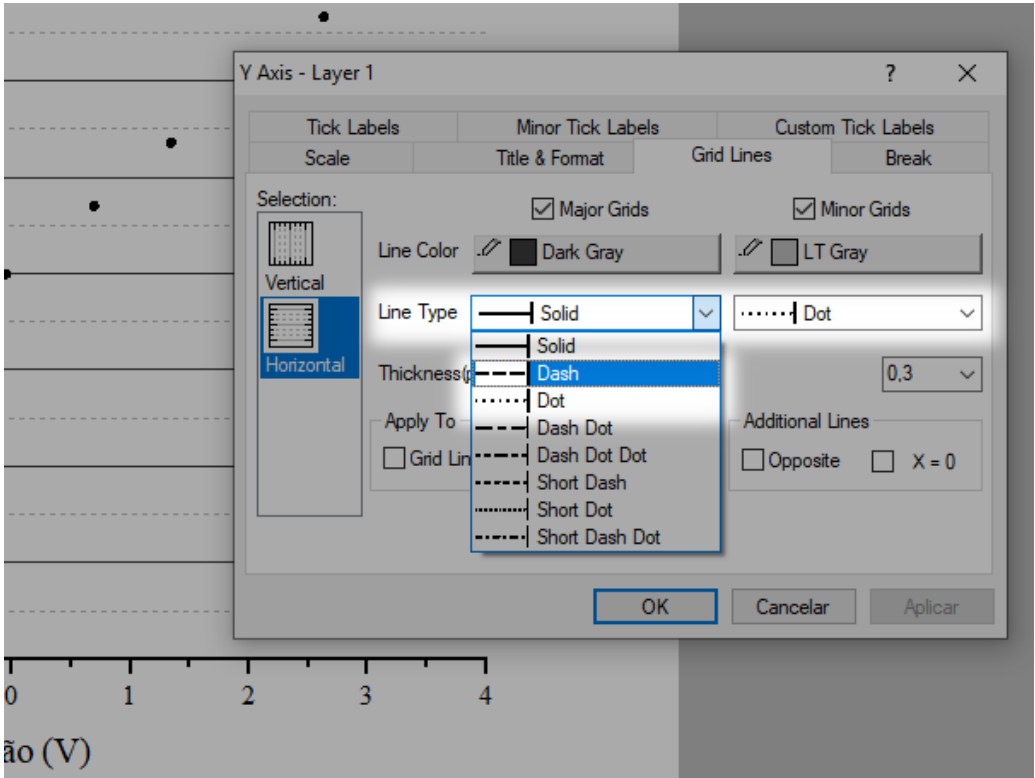


Figura 10: Colocando e formatando as linha de acompanhamento dos eixos

## 1.5 Resultado

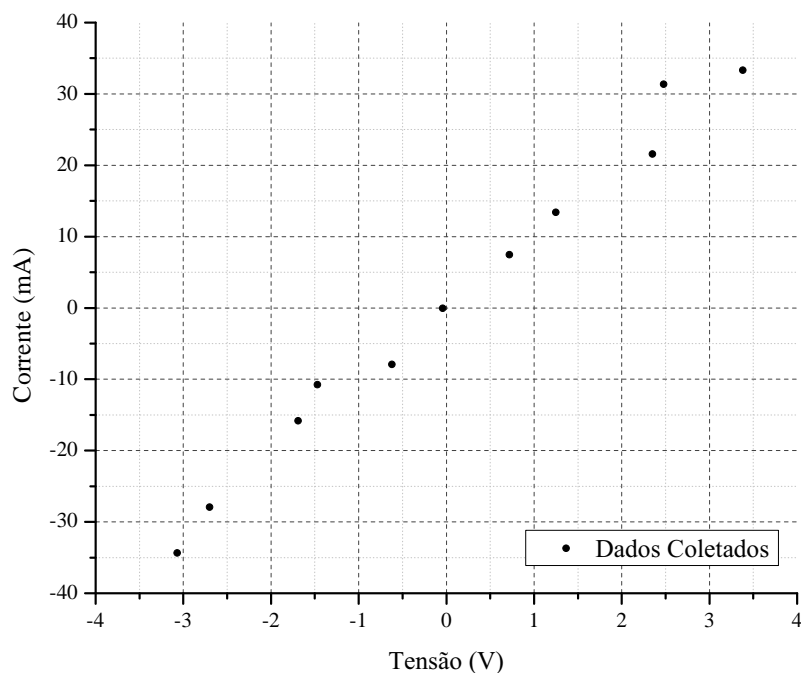


Figura 11: Gráfico de exemplo dos valores de corrente e de tensão

## 2 Regressão Linear

É muito comum aparecer algum tipo de relação linear entre os dados. Nesse tipo de relação costuma-se aplicar técnicas de regressão, normalmente mínimos quadrados, para encontrar a melhor reta que representa esses dados.

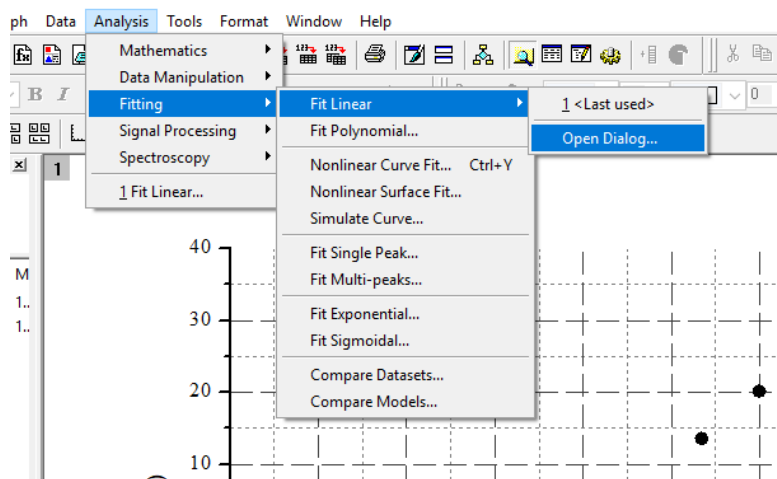
Pelo alinhamento dos pontos da seção *Apresentação dos Dados* e pela equação teórica (1), fica clara a possibilidade de se aplicar uma regressão linear e, portanto, os dados continuarão os mesmos nessa seção.

### 2.1 Configurações da Regressão

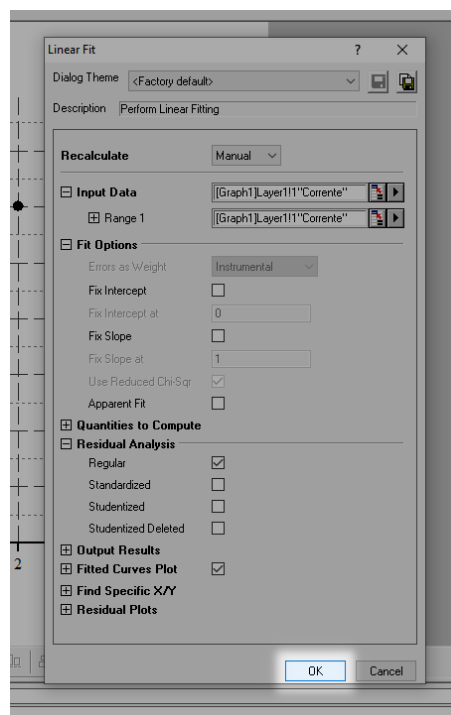
A regressão normalmente é feita pelas opções **Analysis: Fitting: Fit Linear**. Isso abre a janela de opções (figura 12b). Quando terminada a regressão, aparecerá uma janela perguntando para mudar de aba, mas por enquanto é melhor continuar nesta aba.

Existem outras formas de regressão além da linear, mas essa já é o bastante para resolver todos os casos da disciplina.

## 2.2 Tabela dos Coeficientes



(a) Acessando as opções de regressão

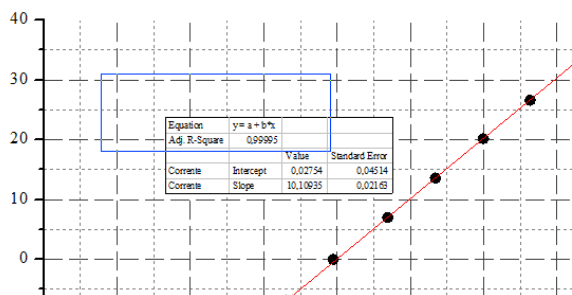


(b) Opções de regressão

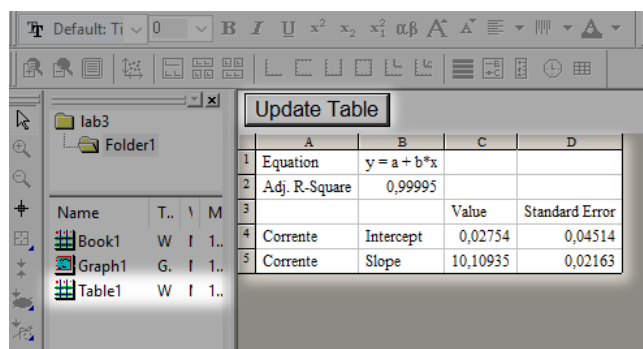
Figura 12: Configurações da regressão

## 2.2 Tabela dos Coeficientes

Por padrão, os coeficientes da regressão aparecem em uma tabela como a da figura 13a. Ao acessar a tabela Table1 na parte esquerda do programa, é possível modificar essa tabela. Após a modificação, é importante apertar Update Table para atualizar a visualização no gráfico.



(a) Tabela padrão de coeficientes da regressão



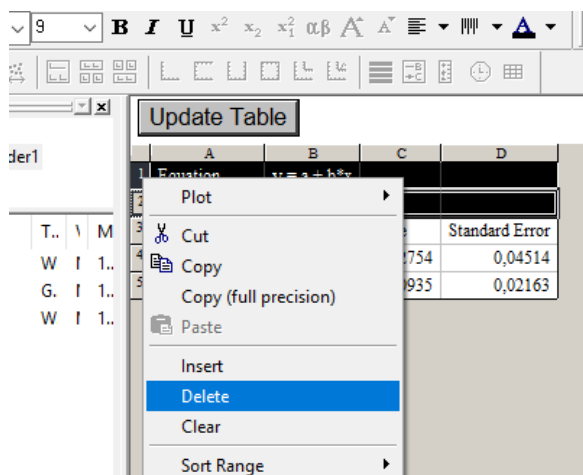
(b) Configuração da tabela de coeficientes

Figura 13: Tabela de coeficientes da regressão

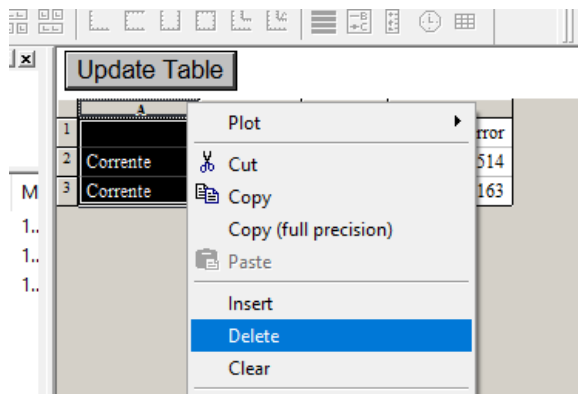
## 2.3 Formatação dos Coeficientes

Na figura 15b, aparece o padrão que será seguido neste tutorial para essa tabela de coeficientes. As dimensões da tabela (figura 16), que mudam para cada caso, não seguirão nenhum padrão aqui.



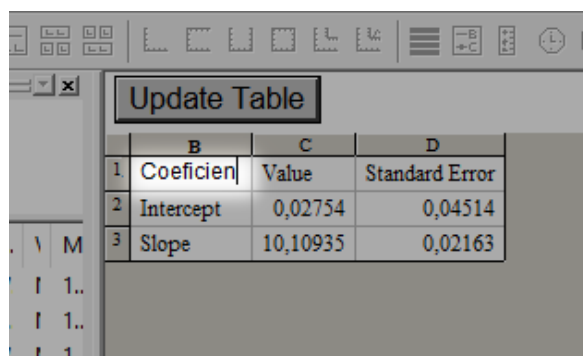


(a) Removendo as linhas superiores

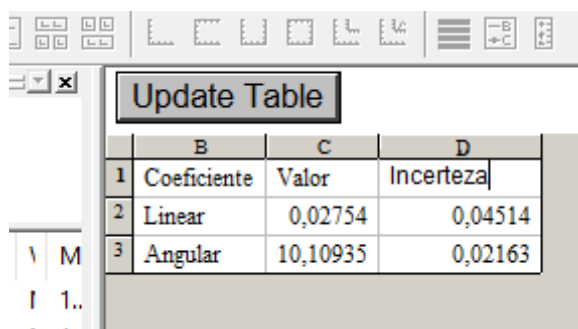


(b) Removendo as colunas de descrição

Figura 14: Reduzindo a tabela de coeficientes

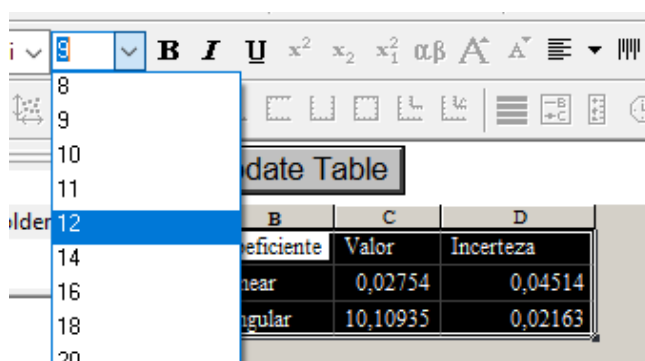


(a) Renomeando os campos

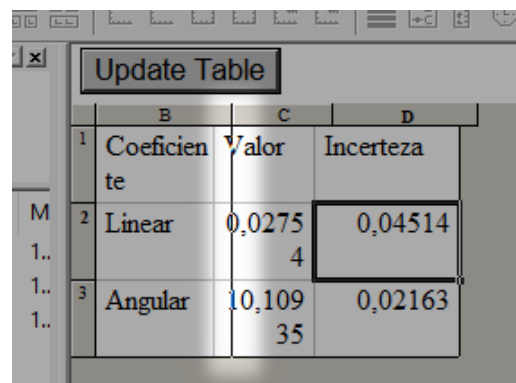


(b) Campos da tabela depois de renomeados

Figura 15: Renomeando os campos da tabela de coeficientes da regressão



(a) Ajustando o tamanho da fonte



(b) Ajustando a largura da coluna

Figura 16: Ajustando as dimensões da tabela de coeficientes da regressão

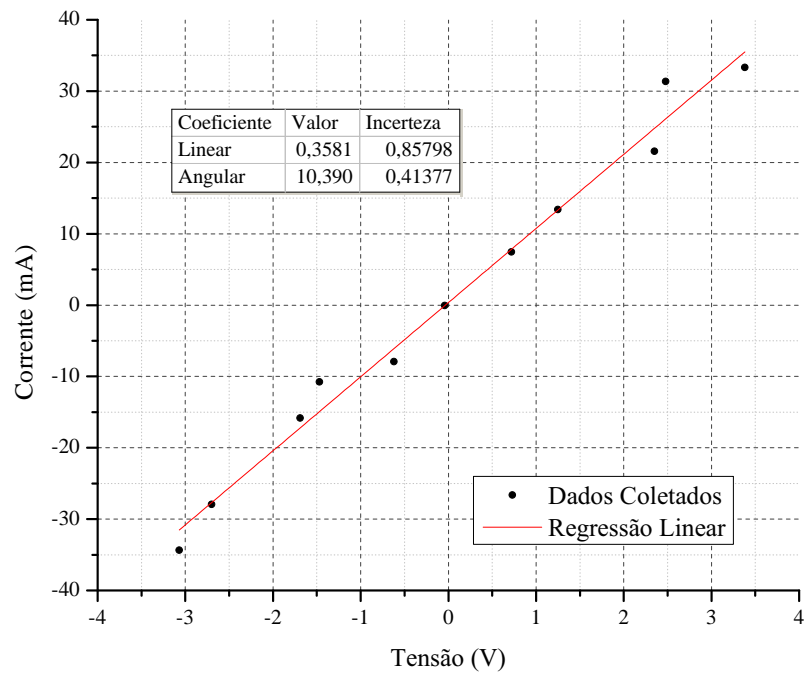


Figura 17: Exemplo de regressão linear para a relação de corrente por tensão

2.4 Pontos Fora da Reta

Podemos ver que a regressão (figura 17) resultou em alguns pontos que não ficaram muito próximos a reta encontrada. Esses pontos podem ser marcados para serem ignorados na regressão, como mostra a figura 18. Note que os pontos marcados passam a ser coloridos em vermelho (figura 18b).

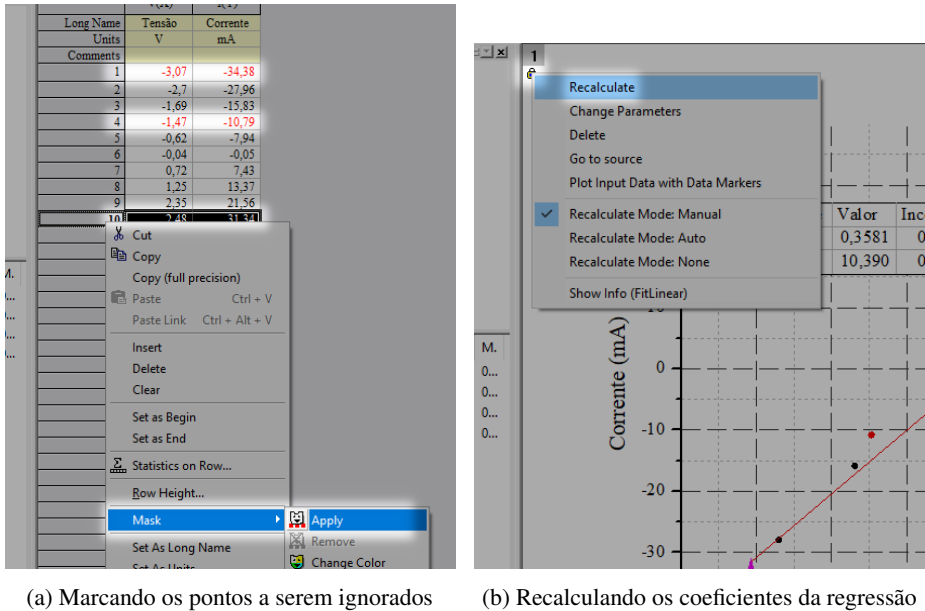


Figura 18: Removendo pontos selecionados da regressão

2.5 Resultado

Observando o resultado na figura 19, a nova regressão com os pontos ignorados obteve uma redução significativa na incerteza dos coeficientes. Isso indica que a remoção de *outliers* é um passo importante na medição, mas deve ser feito com cuidado. A retirada de pontos válidos para a regressão pode reduzir ambas a precisão e a exatidão dos resultados, pela maneira como o cálculo da regressão é feito.

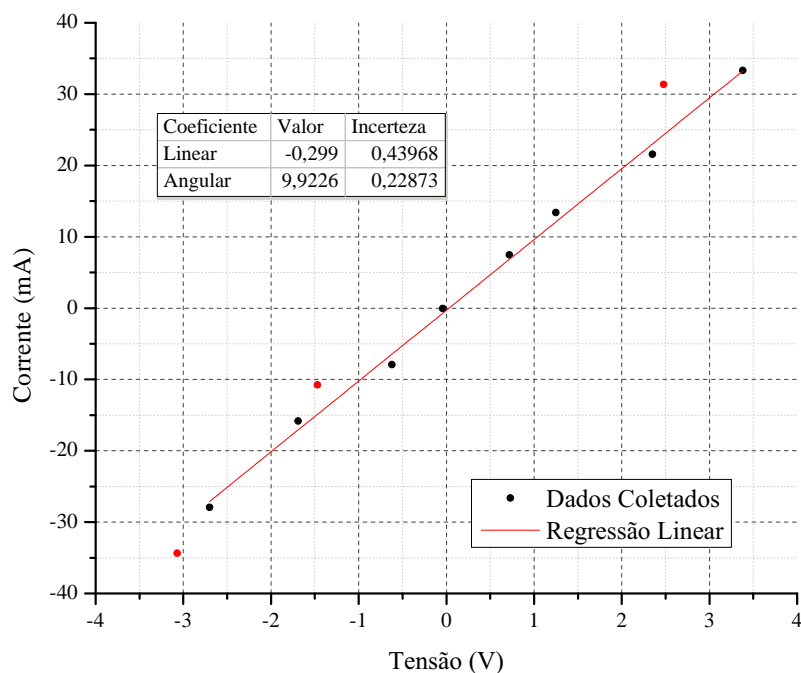


Figura 19: Exemplo de regressão linear com pontos ignorados

### 3 Barras de Incerteza

Como exemplo para a aplicação de barras de incerteza, continuaremos com os mesmos dados da seção *Apresentação dos Dados*, porém agora com as incertezas associadas a cada medida, que foram criadas, novamente, com o auxílio de um computador.

#### 3.1 Adicionando Colunas

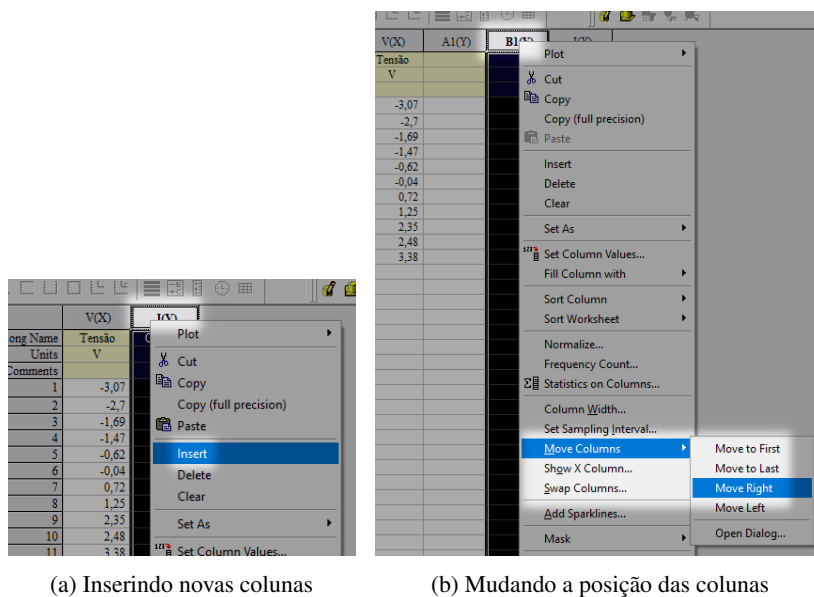
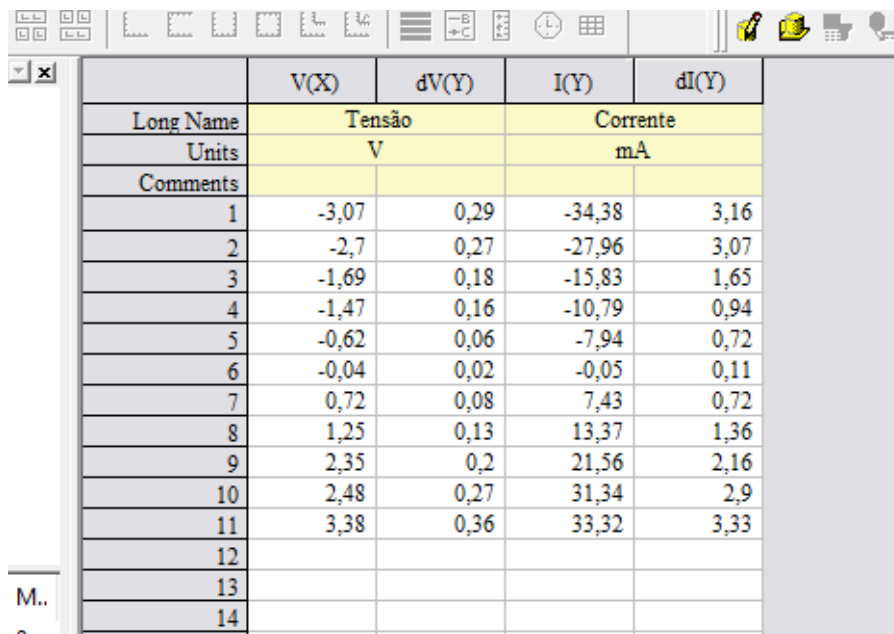


Figura 20: Criando novas colunas

Para adicionar a incertezas, é preciso gerar novas colunas nas tabelas, como mostra a figura 20, lembrando sempre de formatá-las como na seção *Renomeando Colunas*. A tabela com os dados de incerteza deve ficar algo parecido com a figura 21.

### 3.2 Tipo das Novas Colunas



	V(X)	dV(Y)	I(Y)	dI(Y)
Long Name	Tensão		Corrente	
Units	V		mA	
Comments				
1	-3,07	0,29	-34,38	3,16
2	-2,7	0,27	-27,96	3,07
3	-1,69	0,18	-15,83	1,65
4	-1,47	0,16	-10,79	0,94
5	-0,62	0,06	-7,94	0,72
6	-0,04	0,02	-0,05	0,11
7	0,72	0,08	7,43	0,72
8	1,25	0,13	13,37	1,36
9	2,35	0,2	21,56	2,16
10	2,48	0,27	31,34	2,9
11	3,38	0,36	33,32	3,33
12				
13				
14				

Figura 21: Dados atualizados com as incertezas

### 3.2 Tipo das Novas Colunas

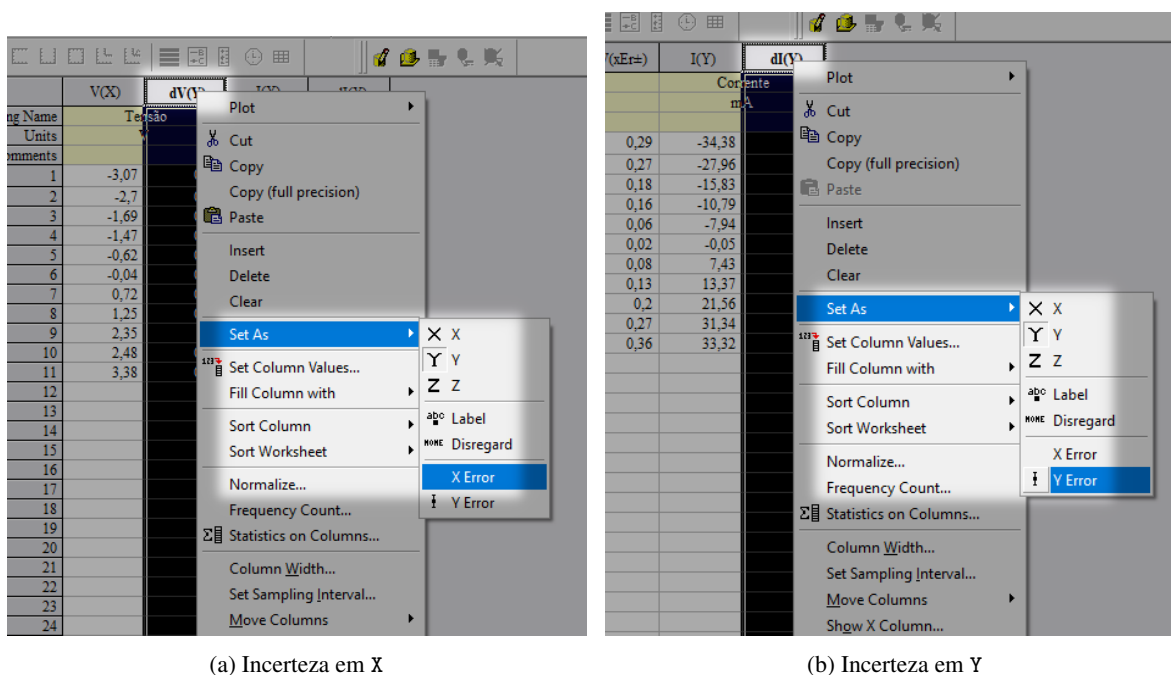


Figura 22: Mudando o tipo das novas colunas para relacionar com os valores das medidas

### 3.3 Formatação das Barras de Incerteza

As barras de incerteza também têm várias configurações de formatação relacionadas a elas, mas aqui só será alterado o tamanho do traço final da barra (em inglês, *cap*) como exemplo na figura 23.

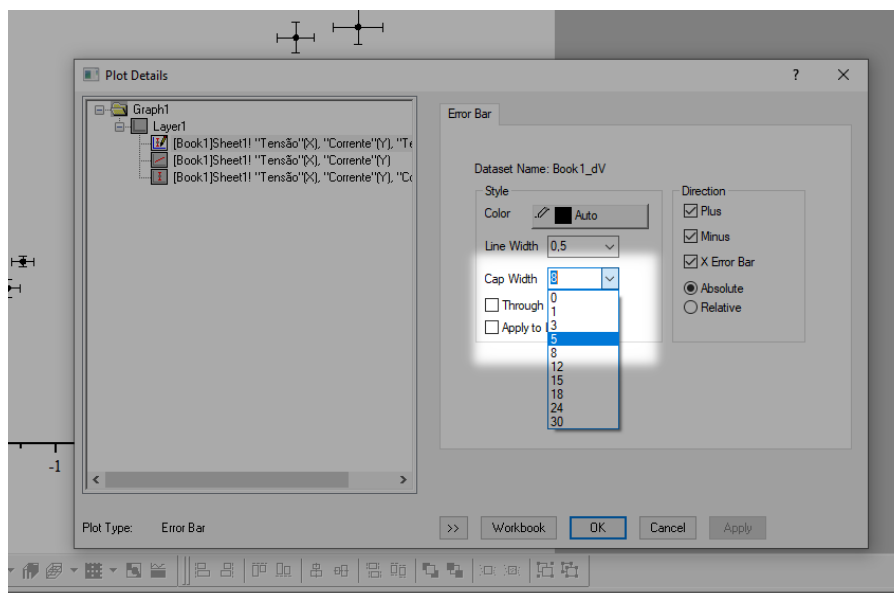


Figura 23: Dados atualizados com as incertezas

### 3.4 Resultados

A funcionalidade **Scatter**, quando selecionada com as colunas de incerteza, gera o gráfico da figura 24.

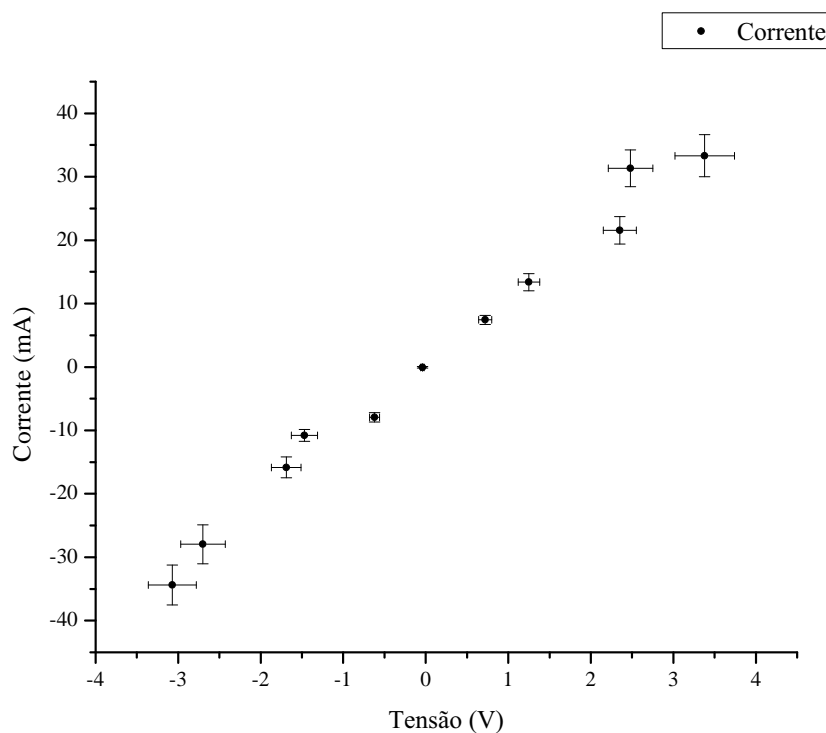


Figura 24: Gráfico de corrente por tensão com as incertezas de cada medida

Entretanto, se for aplicada a formatação da seção *Apresentação dos Dados* e a regressão linear, como na seção *Regressão Linear*, o resultado deveria ficar semelhante a figura 25.

Note que os coeficientes da regressão em 25, tanto os valores quanto as incertezas, são levemente diferentes da figura 19, até mesmo com dados numéricos idênticos. A diferença aqui se deve as incertezas dos dados, que agora estão sendo levadas em conta no cálculo da regressão.

Na verdade, apenas a incerteza em Y está sendo levada em conta. A regressão com as incertezas de X só está presentes nas versões mais novas do Origin .

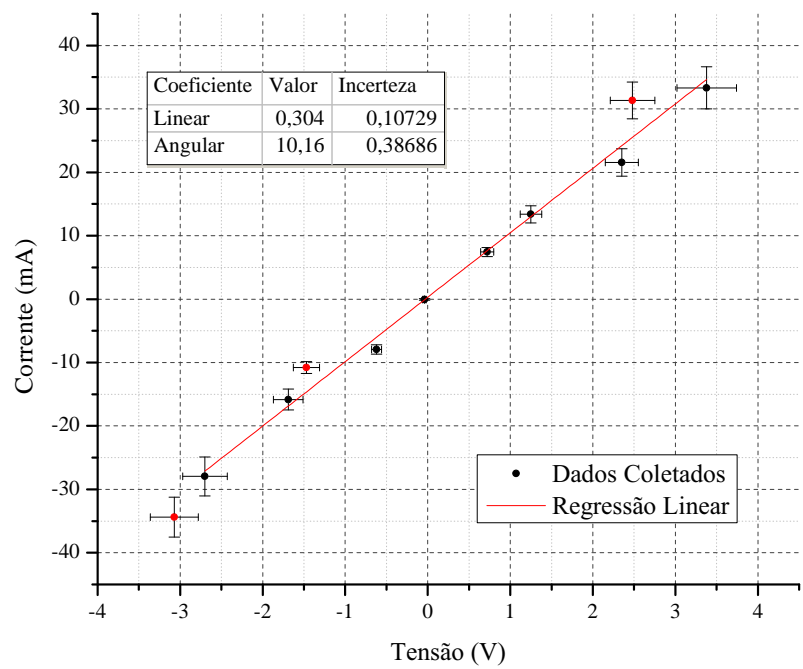


Figura 25: Gráfico formatado, com barras de incerteza e regressão linear

## 4 Escala Logarítmica

Várias vezes, no entanto, os dados não apresentam relação linear. Nesses casos, é importante encontrar alguma técnica de linearização que transforma os dados para novos valores dependentes, mas que se relacionam de maneira linear. Algo como a relação (2).

$$f(x,y) = a + b g(x,y)$$
(2)

Dentre as técnicas mais comuns, muitas envolvem a aplicação de logaritmos para linearizar alguma relação de potência de  $x$ , isto é, nos casos de  $y \propto x^k$ , ou alguma relação exponencial,  $y \propto k^x$ . Para esses casos, é comum a utilização de escala logarítmica na intenção de se observar melhor os dados, em que  $f(x,y) = \log(y)$  e  $g(x,y) = \log(x)$ .

### 4.1 Gráfico Log-Log

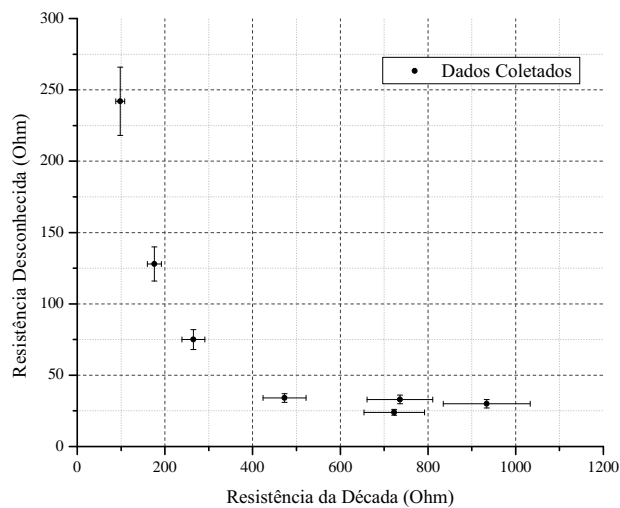


Figura 26: Gráfico da relação da ponte de Wheatstone (3)

#### 4.1 Gráfico Log-Log

$$R_x = \frac{R_1 R_2}{R_d} \quad (3)$$

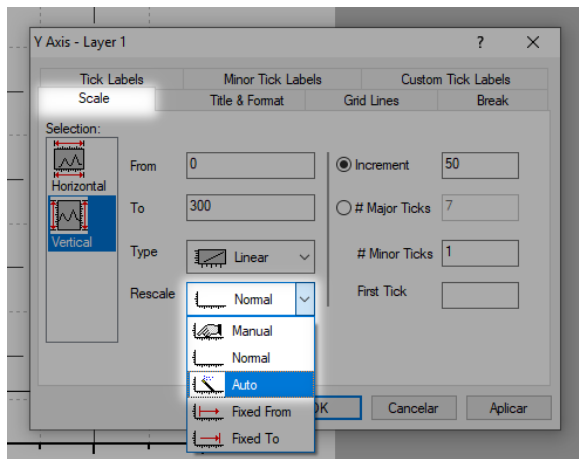
Se imaginarmos os dados do gráfico 26 como parte de um caso da ponte de Wheatstone dado pela equação 3, sendo  $R_d$  a resistência da década e  $R_x$  a resistência desconhecida, podemos aplicar a seguinte técnica de linearização:

$$\begin{aligned} \log(R_x) &= \log(R_1 R_2 (R_d)^{-1}) \\ &= \log(R_1 R_2) + \log((R_d)^{-1}) \\ &= \log(R_1 R_2) - \log(R_d) \end{aligned}$$

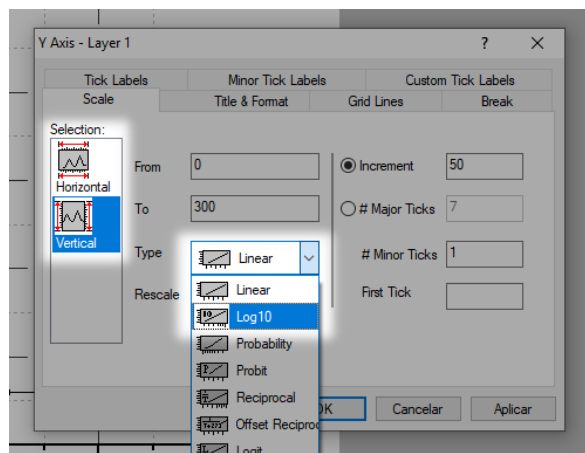
Portanto, podemos montar um gráfico log-log de  $R_x$  por  $R_d$ , cujo coeficiente angular deveria resultar em  $-1$ .



Cuidado com o posicionamento dos dados na escala logarítmica. Normalmente quando se muda a escala, os pontos mudam de posição em suas novas representações no gráfico e apresentação dos dados pode ser prejudicada. Para atualizar essas posições, o método mais simples é permitir a mudança automática dos limites do gráfico (como na figura 27a) e alterar alguma célula da tabela, servindo apenas um simples "copiar e colar" do valor que estava na célula.



(a) Mudança automática dos limites do gráfico



(b) Escala logarítmica de base 10

Figura 27: Colocando a escala logarítmica

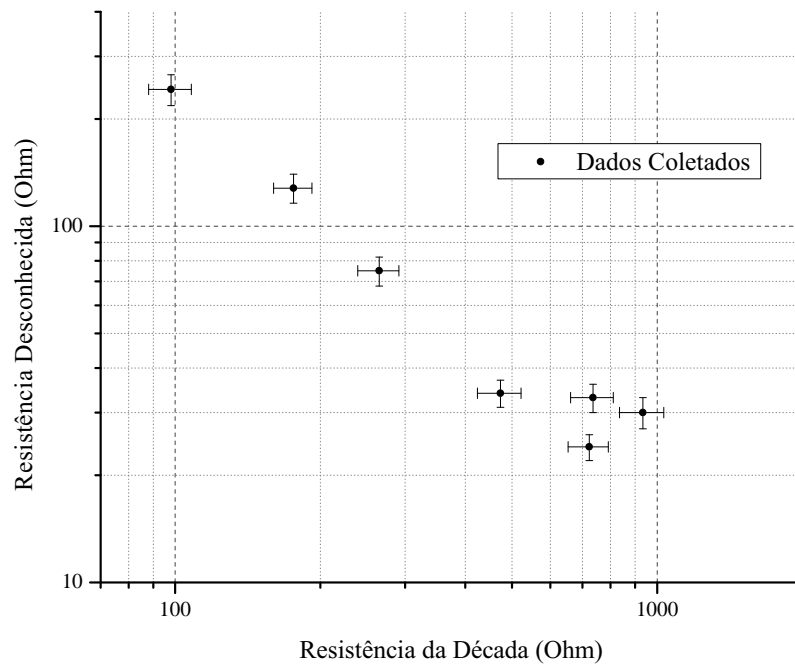


Figura 28: Gráfico log-log dos dados da figura 26

## 4.2 Gráfico Semi-Log

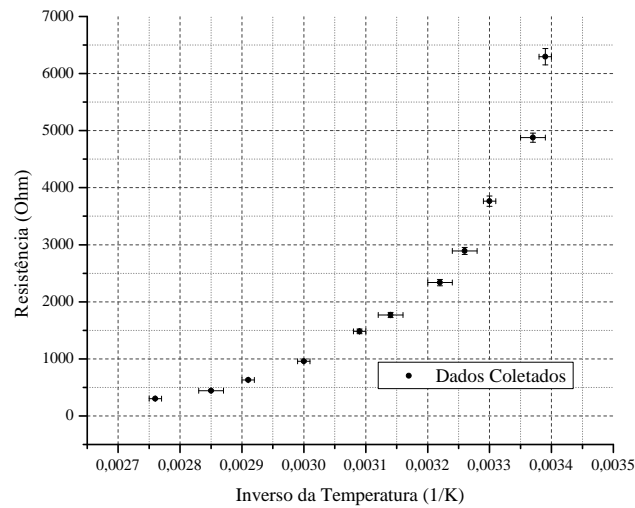


Figura 29: Gráfico da relação (4) do termistor

$$R = A \exp(B T^{-1}) \quad (4)$$

Agora com os dados da figura 29 e a relação (4), com  $R$  como a resistência e  $T^{-1}$  o inverso da temperatura, a linearização se torna:

$$\begin{aligned} \ln(R) &= \ln(A \exp(B T^{-1})) \\ &= \ln(A) + \ln(\exp(B T^{-1})) \\ &= \ln(A) + B T^{-1} \end{aligned}$$



### 4.3 Regressão em Escala Logarítmica

Que pode ser usada em um gráfico semi-log de  $R \times T^{-1}$ , como na figura 30.

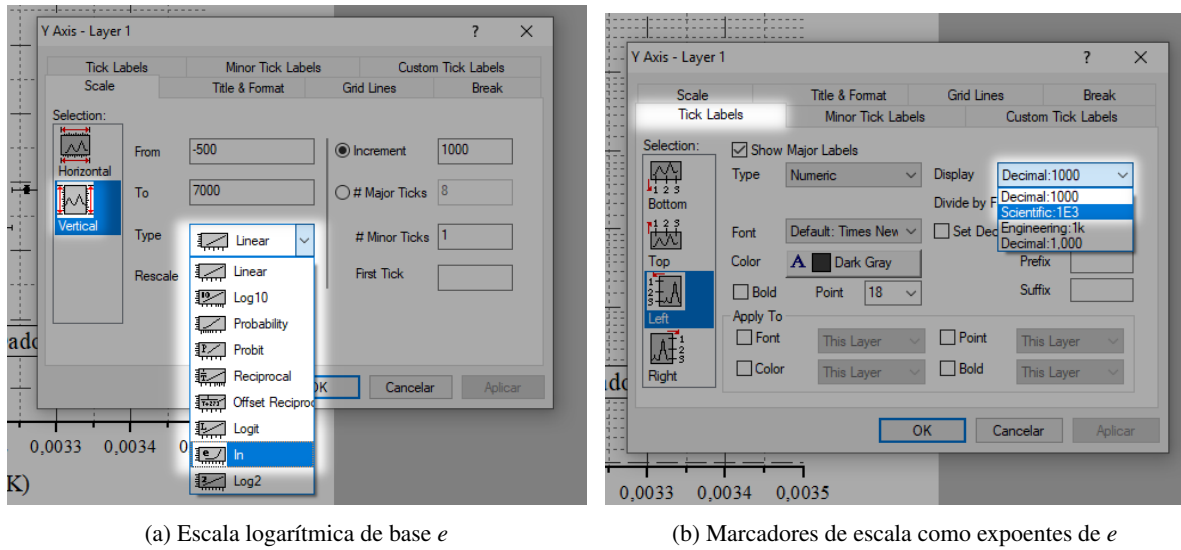


Figura 30: Ajustes para a escala  $\ln$

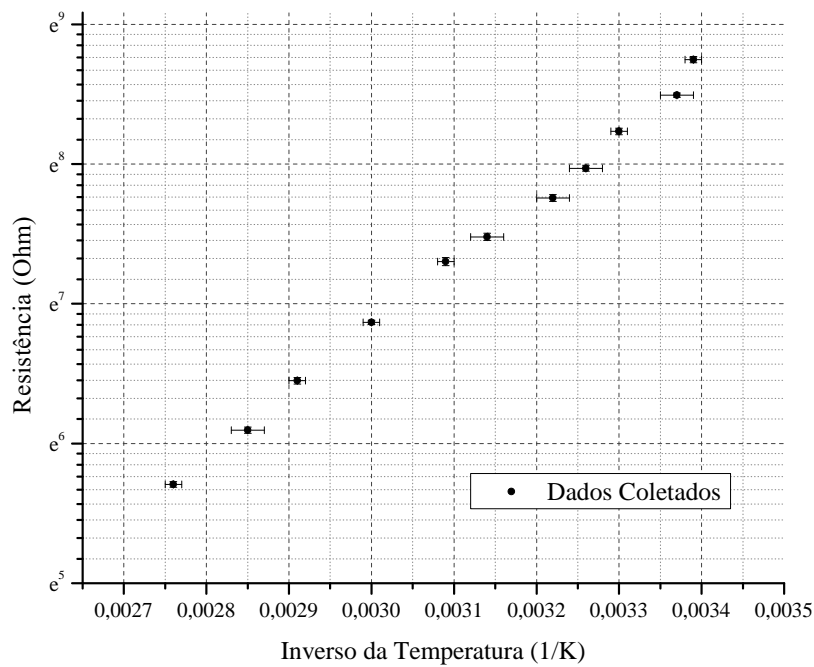


Figura 31: Gráfico semi-log dos dados da figura 29

### 4.3 Regressão em Escala Logarítmica

A regressão de uma curva de potência ou exponencial é possível com técnicas de regressão não-linear, só que essas técnicas não cabem no escopo dessa matéria. Uma outra opção muito utilizada é encontrar uma linearização, como na equação (2), e, com a nova relação linear de  $f(x,y) \times g(x,y)$ , aplicar a regressão linear como da seção *Regressão Linear*. O único detalhe é que é preciso encontrar os valores de  $f(x,y)$  e  $g(x,y)$  e suas incertezas para cada par  $(x,y)$  dos dados e só com esses valores pode-se encontrar os coeficientes  $a$  e  $b$ , como foi feito na figura 32.

A mudança dos dados de  $(x,y)$  para  $(f(x,y), g(x,y))$  ajuda nos cálculos, só que normalmente causa um distanciamento do sentido físico dos dados. Então, é importante decidir qual dos gráficos utilizar ou se cabe usar os dois gráficos.

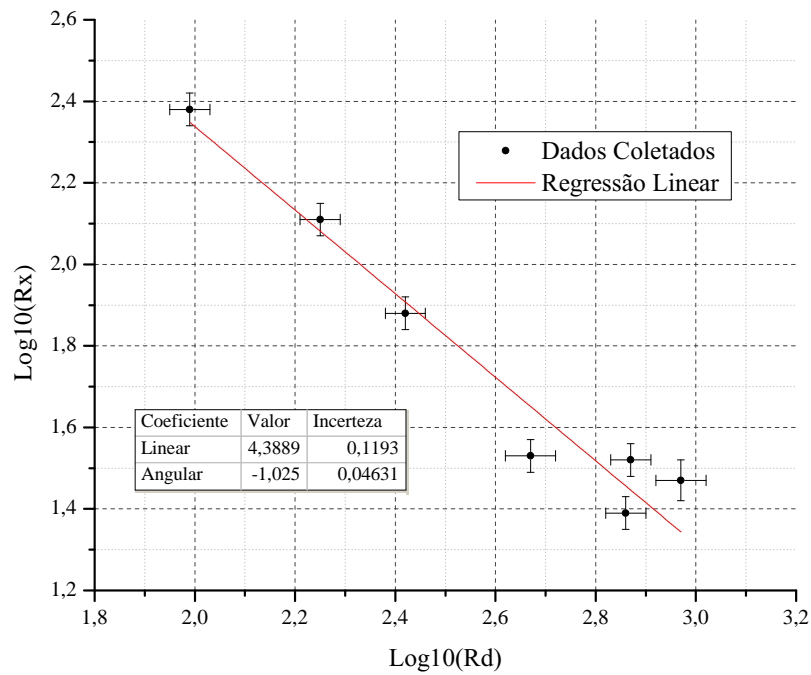


Figura 32: Gráfico da regressão da relação (3). Isso serviria para mostrar que  $b \approx -1$ , por exemplo.

## 5 Curva Característica

Um exemplo de equação característica é a equação (4), do termistor, que será utilizada nesta seção. Os dados gerados para o gráfico 29 continuarão os mesmos aqui.

### 5.1 Encontrando os Coeficientes

O primeiro passo normalmente é encontrar os coeficientes da equação característica. Se for uma equação de reta, uma simples regressão linear é bastante para encontrar esses coeficientes e para mostrar a equação esperada. Para os outros caso, no entanto, é preciso linearizar a equação, como foi feito na seção *Escala Logarítmica*, encontrar os coeficientes da linearização e transformar para os coeficientes da equação inicial.

No caso dos dados do termistor, a regressão é aplicada como na figura 33. Logo, os coeficientes se tornam  $A = \exp(-7.07097) \approx 0.00084941$  e  $B = 4632.762$ .

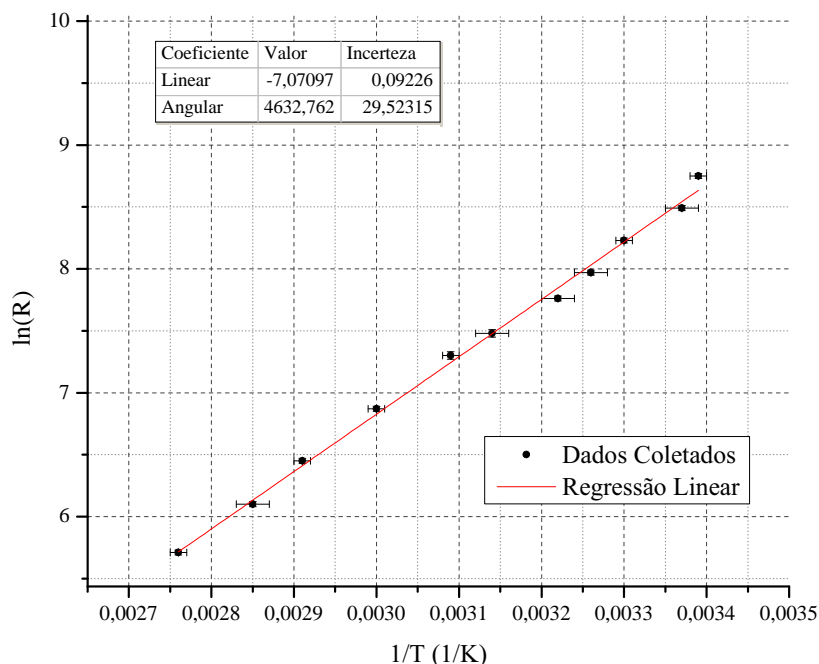


Figura 33: Gráfico da linearização da equação (4)

## 5.2 Gráfico de Funções

Voltando para os dados originais, de  $R$  por  $T$ , podemos desenhar a equação característica, agora com os valores dos coeficientes, sobre o Scatter dos dados, como mostra a figura 34.

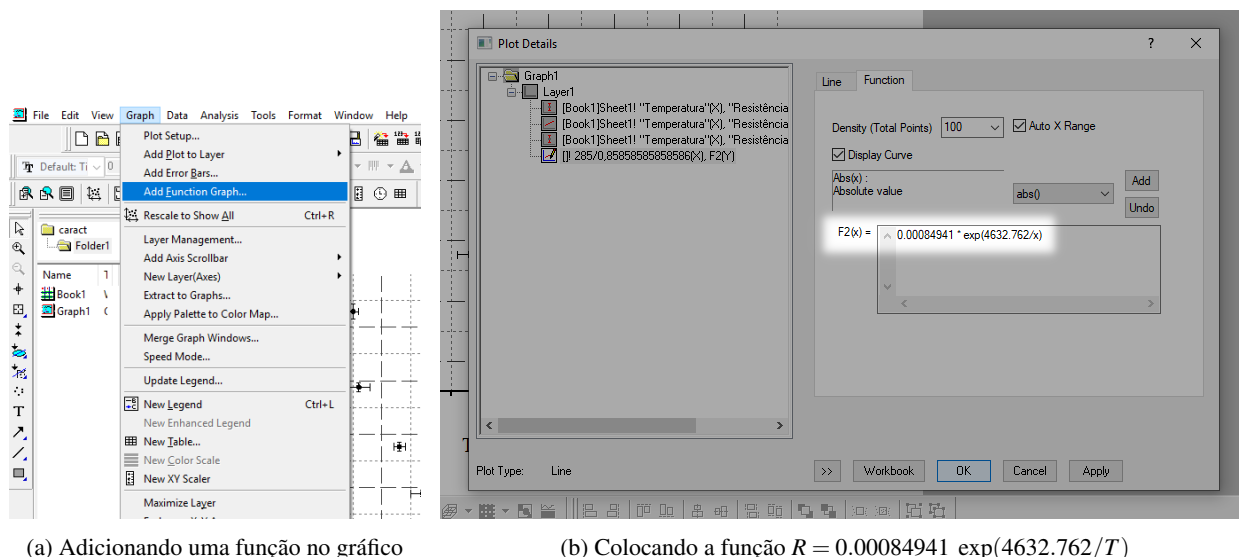


Figura 34: Desenhando uma função no gráfico

## 5.3 Ajustes de Formatação

Por padrão, a cor da nova curva do gráfico é escolhida como preto, mas isso pode ser mudado com um duplo clique sobre a curva. Neste exemplo a cor decidida foi vermelho, que acompanha o padrão de regressão dos exemplos anteriores.

Além da cor, é importante lembrar de tratar da curva na legenda do gráfico, caso isso não tenha sido feito automaticamente, que pode ser feito pelas propriedades da legenda. Normalmente, a descrição da curva pode ser dada também pela sua forma algébrica.

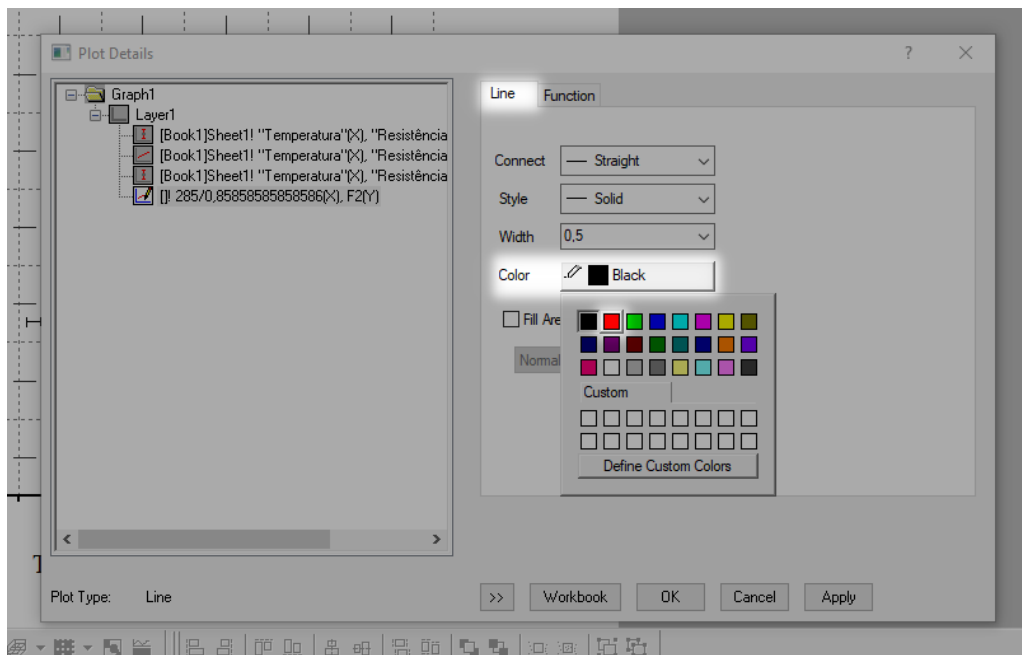


Figura 35: Mudança da cor da nova curva

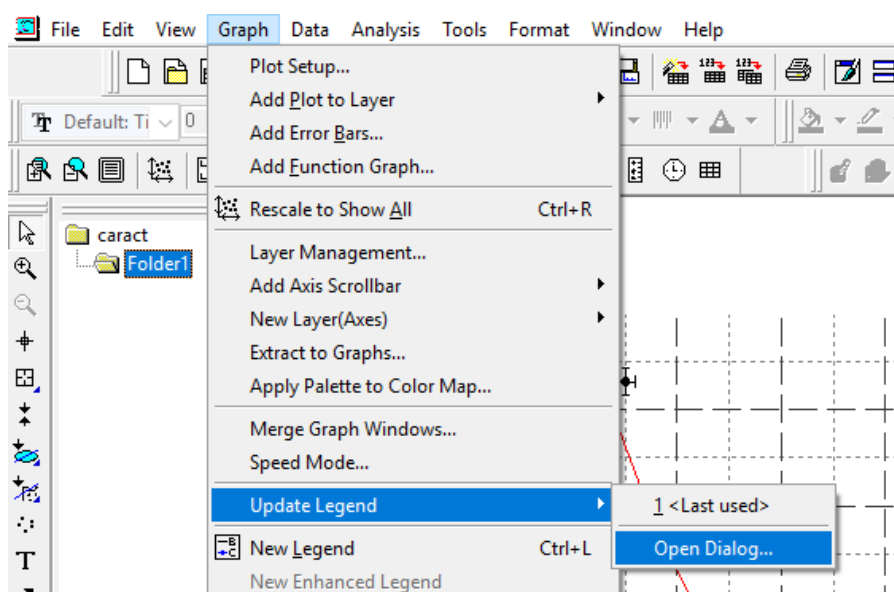


Figura 36: Atualizando a legenda com a nova curva

## 5.4 Resultado

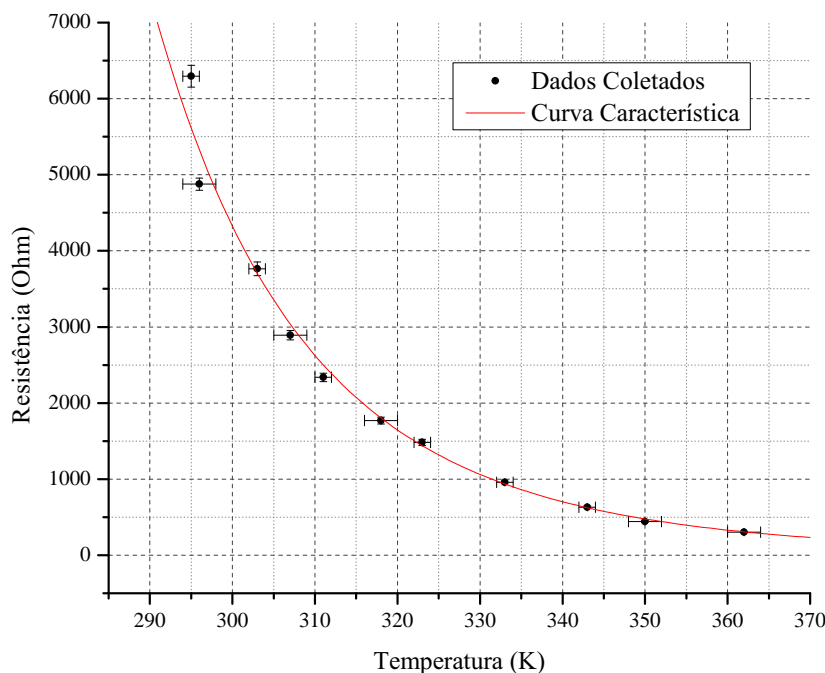


Figura 37: Gráfico com a curva característica do termistor

## 6 Gráficos de Múltiplas Variáveis

Para os casos em que é necessário apresentar dados com mais de uma variável dependente de um mesmo  $X$ , existe a opção de gráficos múltiplos. Eles servem para comparar as relações do tipo  $y_1 = f(x)$  e  $y_2 = g(x)$ , quando  $x$ ,  $y_1$  e  $y_2$  são medidos em conjunto.

Em experimentos com circuitos, esse tipo de dado aparece, por exemplo, na medição de tensão em nós diferentes para a comparação de seus comportamentos no tempo. É o caso do circuito da figura 39, cujos dados foram colocados como na figura 38.

	t(X)	V1(Y)	V2(Y)
Long Name	Tempo	Tensão de E	Tensão de S
Units	ms	V	
Comments			
1	0	0	1,99
2	0,4	1,95	2,28
3	0,8	3,59	2,21
4	1,2	4,66	1,79
5	1,6	5	1,09
6	2	4,55	0,22
7	2,4	3,38	-0,69

Figura 38: Dados gerados com simulador

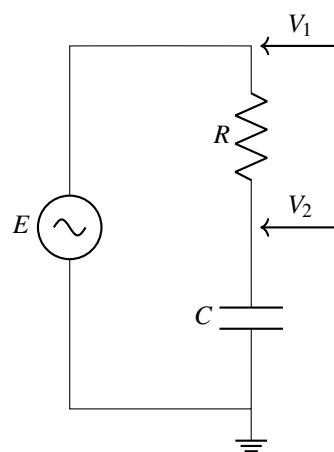


Figura 39: Circuito com defasagem de tensão por um capacitor

### 6.1 Gráficos de Eixos Separados

Uma opção para mostrar os dois canais ao mesmo tempo é colocar cada um em seu próprio gráfico com seus próprios eixos. No Origin, isso é feito como na figura 40, mas pode ser feito em duas imagens separadas também. O problema com essa abordagem é que as escalas diferentes não mostram muito bem as proporções entre os canais de entrada e saída.

## 6.2 Gráficos de Eixos em Conjunto

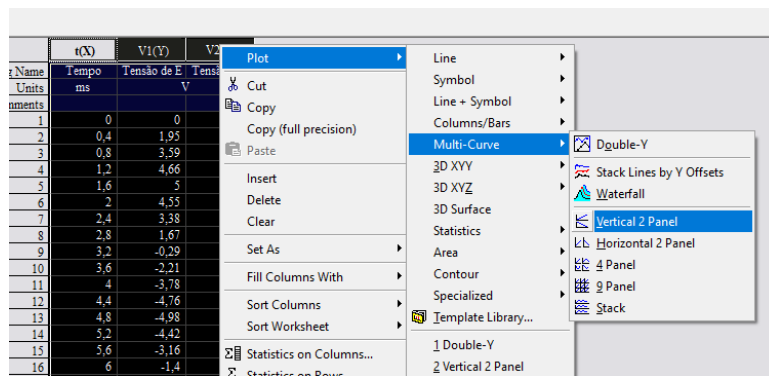


Figura 40: Criando os gráficos separados

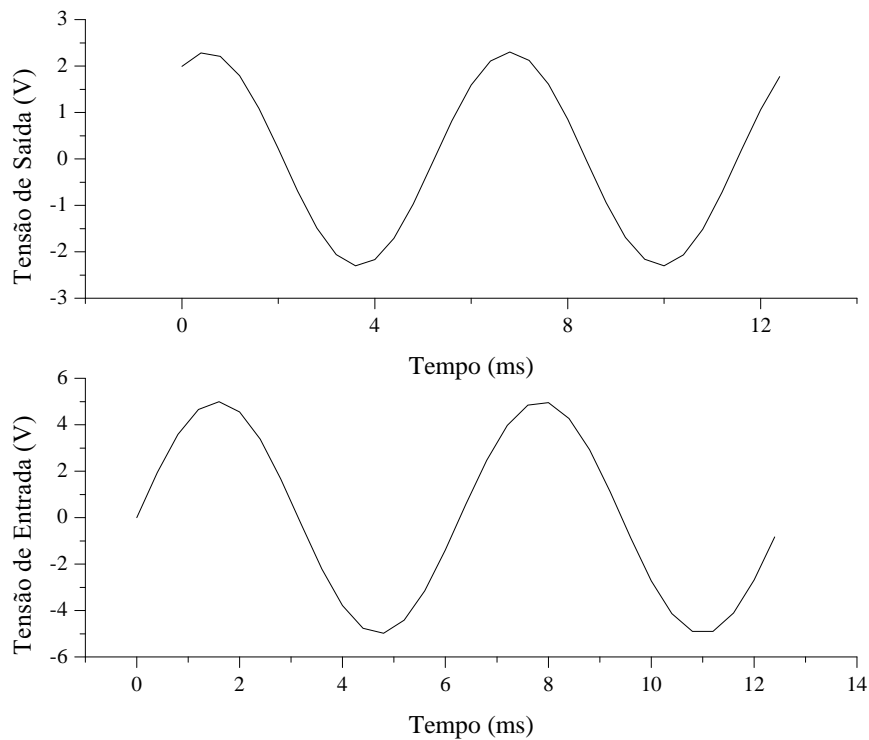


Figura 41: Gráficos das tensões de entrada e saída do circuito

## 6.2 Gráficos de Eixos em Conjunto

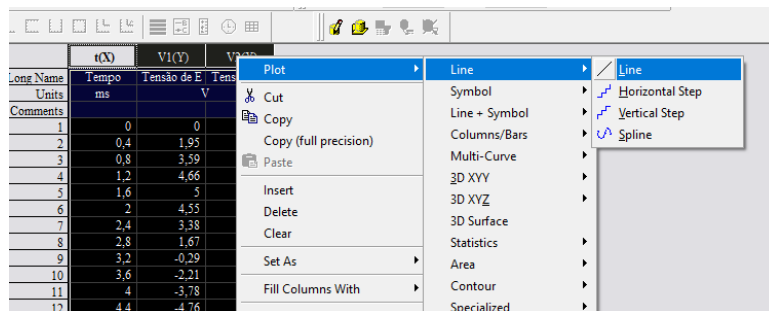


Figura 42: Criando o gráfico com as duas curvas

### 6.3 Gráficos com Apenas a Abscissa Comum

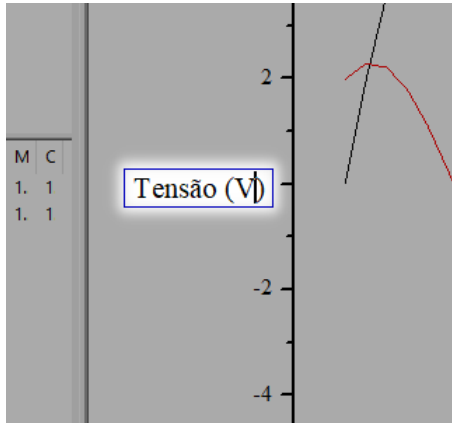


Figura 43: Formatação do rótulo dos eixos

Quando o gráfico é criado como na figura 42, o rótulo do eixo y fica como o nome de apenas uma das colunas dos dados. Pra consertar isso basta alterar o nome do eixo para algum texto que descreve ambas variáveis (figura 43).

Um dos maiores limites para esse método é que as variáveis dependentes precisam ter a mesma motivação física e, por causa disso, a mesma gradeza, caso contrário, o eixo compartilhado entre elas perde completamente o sentido.

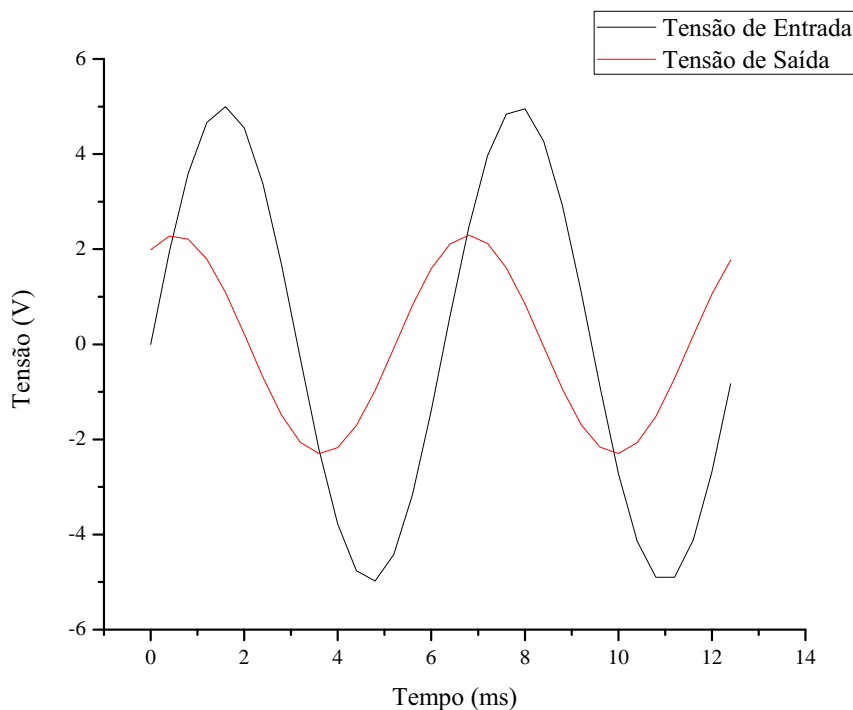


Figura 44: Gráfico das tensões  $V_1$  e  $V_2$  do circuito

### 6.3 Gráficos com Apenas a Abscissa Comum

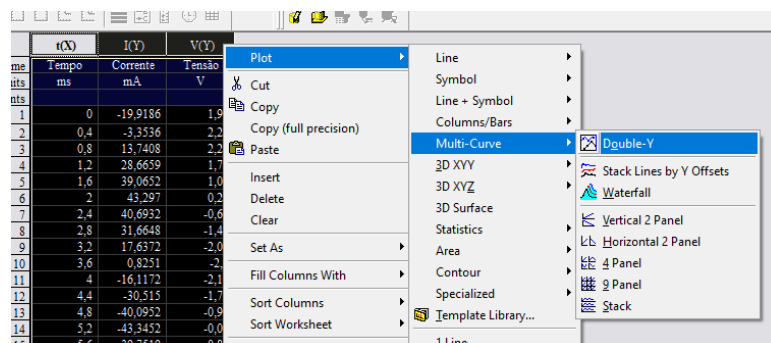


Figura 45: Criando o gráfico com três eixos

Imagine agora o caso em que queremos mostrar a defasagem entre a corrente a tensão no capacitor da figura 39. A

única grandeza comum agora é o tempo, então vamos precisar de gráficos de três eixos. No Origin, isso é feito como mostra a imagem 45. Normalmente, é melhor alterar as cores para melhor representar cada dado.

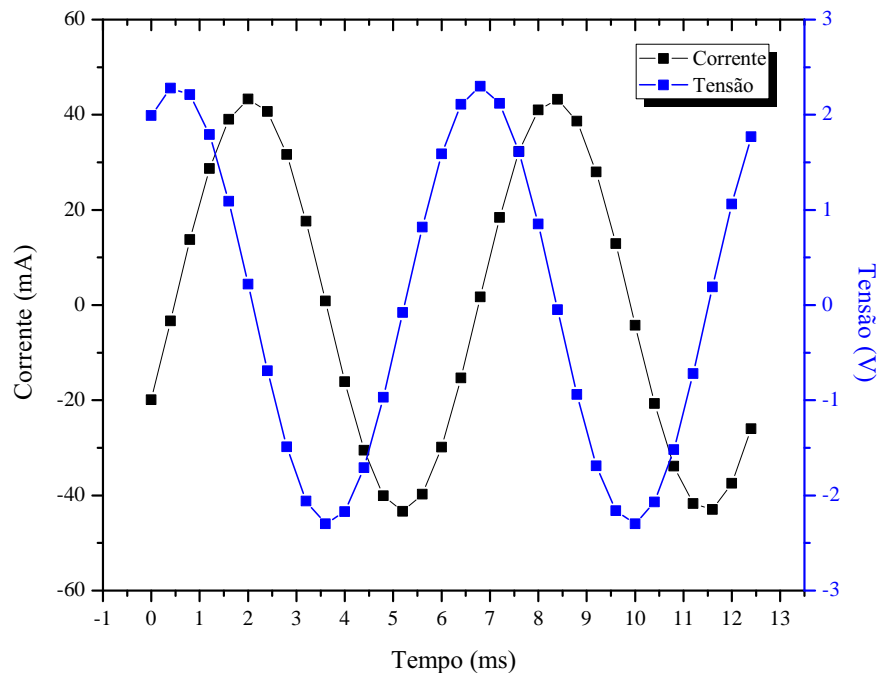


Figura 46: Gráfico de corrente e tensão em um capacitor por tempo

As vezes, os gráficos com múltiplas curvas podem ficar sobrecarregados de informação. Quando isso acontece, o melhor é separar os dados em gráficos distintos pra manter a legibilidade. Gráficos de três eixos podem ficar complicados com facilidade.

## 7 Curvas de Nível

Curvas de nível servem para representar dados tridimensionais em um plano. As três variáveis para esse tipo de gráfico são  $x$  e  $y$  independentes e  $z = f(x, y)$ .

Serão usados, como exemplo, dados semelhantes aos do experimento sobre potencial elétrico entre barras de cobre em uma solução condutiva. Nesse caso, as variáveis independentes são as distâncias  $x$  e  $y$  no plano e a variável dependente é o potencial  $V$  de cada ponto.

	X(X)	y(Y)	V(Z)
Long Name	Posição X	Posição Y	Tensão
Units	cm		V
Comments			
1	0	2	0,14
2	5	2	0,05
3	10	2	0,01
4	15	2	0,06
5	20	2	0,16
6	0	5	0,45
7	5	5	0,4

Figura 47: Montagem dos dados de potencial na tabela do Origin

### 7.1 Iniciando o Gráfico



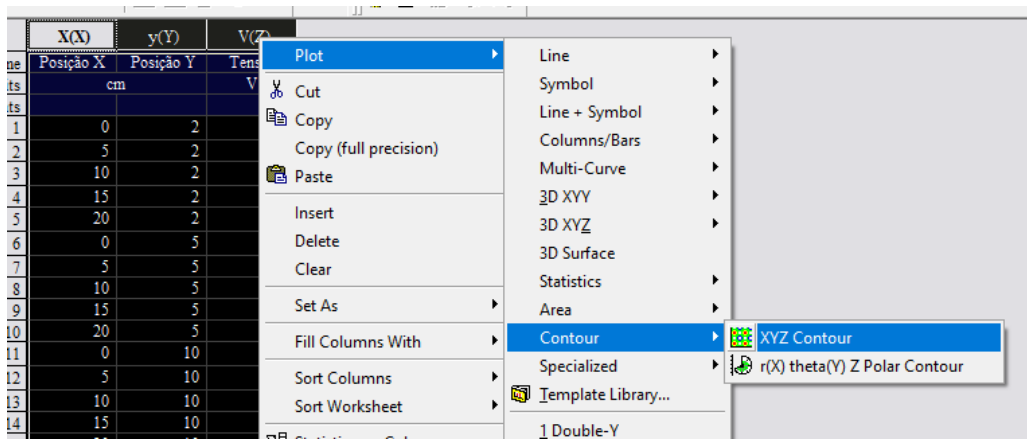
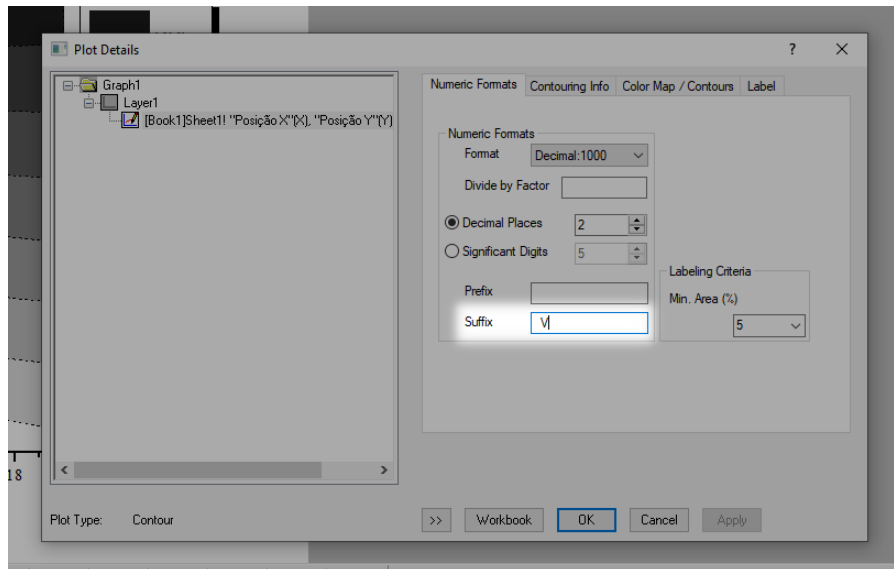
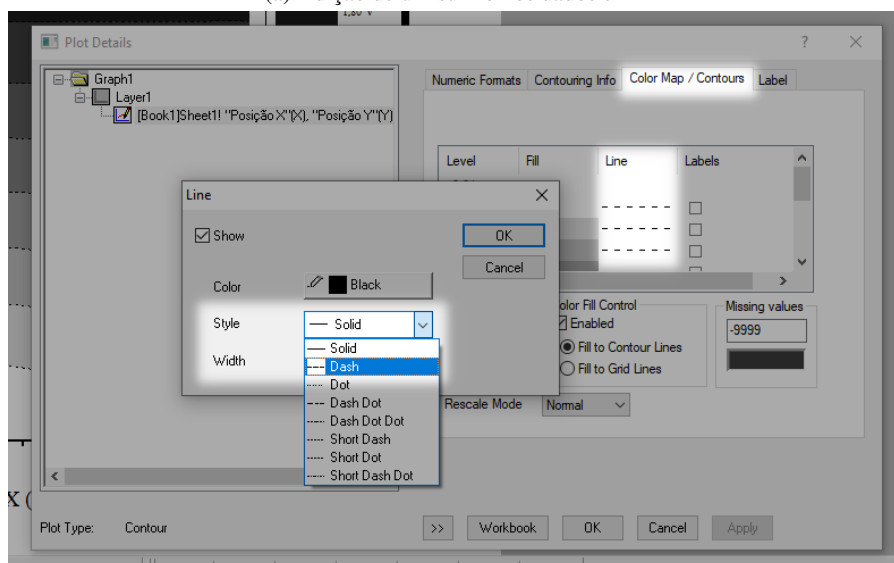


Figura 48: Desenhando o gráfico de linhas de contorno

## 7.2 Opções de Formatação



(a) Adição de um sufixo nos dados em Z



(b) Mudança do estilo das linhas de separação dos níveis

Figura 49: Opções do gráfico de curvas de nível



É importante a adição de sufixos com a unidade do valor medido (figura 49a), como na figura 49a.

### 7.3 Resultado

Para as paletas de cores existem muitas opções e vale mais a pena testar qual paleta funciona melhor com os seus dados. A caixa de opções é acessada como na figura 50a. A caixa da figura 50b é acessada com um clique duplo na caixa com os níveis do eixo Z.

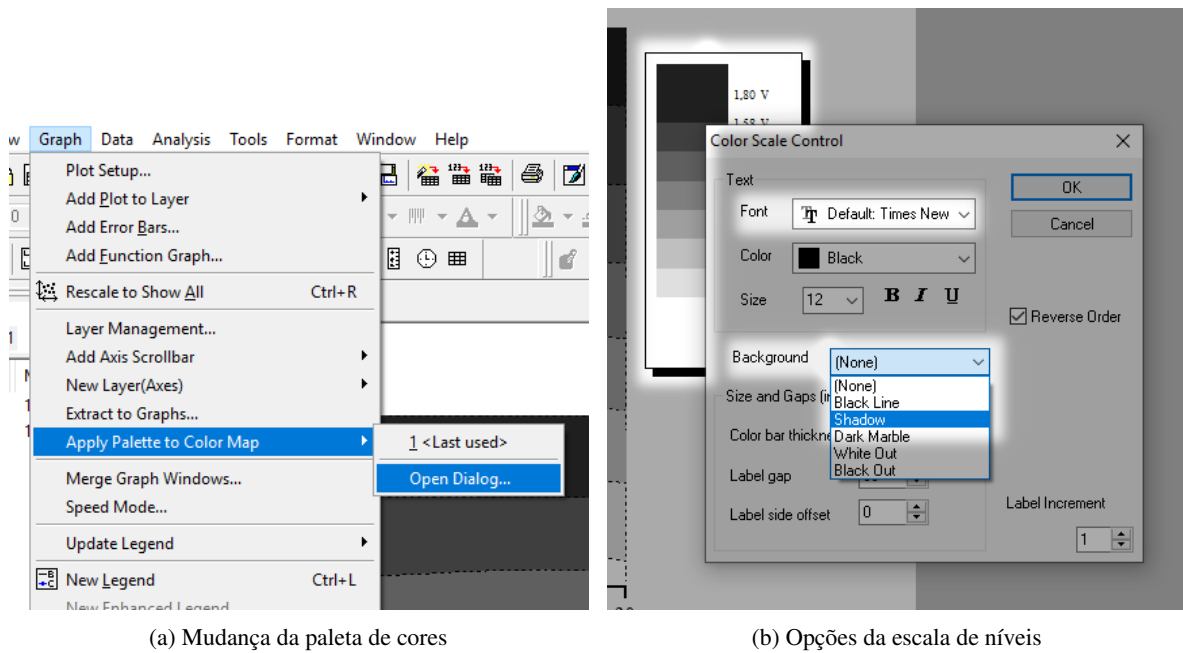


Figura 50: Mais opções de formatação

### 7.3 Resultado

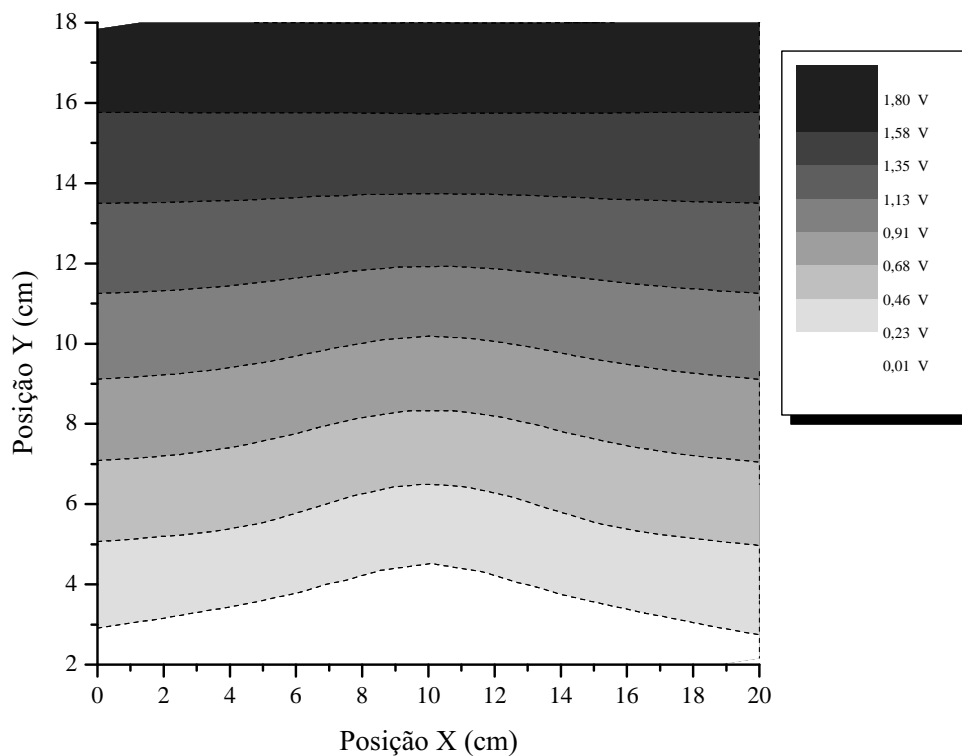


Figura 51: Deformação das equipotenciais gerada pela adição de uma ponta