

# Determinação da constante dielétrica do papel

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Curitiba

Departamento Acadêmico de Física

Física Experimental – Eletricidade

Prof. Ricardo Canute Kamikawachi e Keli F. Seidel

**Objetivo:** Determinar experimentalmente a permissividade elétrica do ar e a constante dielétrica do papel a partir da curva  $C \times d$  em capacitor de placas paralelas.

**Conteúdos:** Ajuste de funções não previamente definidas no SCIDAVIS.

## 1. Introdução

A capacitância ( $C$ ) de um capacitor representa a capacidade deste dispositivo elétrico armazenar energia elétrica, ou cargas elétricas, em suas placas. O valor desta capacitância depende apenas de fatores geométricos do capacitor (e valores de algumas constantes). Abaixo a equação que representa esta relação:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} ;$$

onde,  $A$  é a área das placas do capacitor e  $d$  é a distância entre as placas. Já a constante  $\epsilon$  é a permissividade do meio entre as placas. Quando há vácuo entre as placas,  $\epsilon = \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ . Para qualquer outro material  $\epsilon = \kappa\epsilon_0$ , onde  $\kappa$  é a constante dielétrica do material/do meio. O menor valor de constante dielétrica é para o vácuo, onde  $\kappa_{\text{vácuo}} = 1,00000$ . Em temperatura ambiente  $\kappa_{\text{ar}} = 1,00059$ . Comparando estes valores de  $\kappa_{\text{vácuo}}$  com  $\kappa_{\text{ar}}$  e utilizando apenas duas casas após a vírgula, na prática podemos usar a permissividade elétrica do ar e do vácuo como sendo o mesmo valor,  $\epsilon_0$ .

## 2. Procedimento

Para a realização da experiência será utilizado um capacitor de placas paralelas e circulares no qual a distância entre as placas pode ser alterada com separação máxima igual a 10 cm, figura 1. Também será utilizado um multímetro da marca Minipa modelo ET 2042D com a função capacímetro e escalas de 20nF 2μF 200μF. Os capacitores serão conectados aos multímetros através de dois cabos banana-banana. Como meio dielétrico separando as placas do capacitor serão utilizadas placas de papelão de mesmo diâmetro das placas do capacitor.

Inicialmente certifique-se que o capacitor está descarregado conectando as duas placas através de um cabo banana-banana ou coloque as placas em contato. Meça o diâmetro da placa cinco vezes e calcule a sua área  $A$ , leve em consideração a incerteza na medida do diâmetro da placa. Verifique se no multímetro a função capacímetro está selecionada e se os cabos banana-banana estão conectados corretamente. Para o multímetro da marca Minipa modelo ET 2042D a escala a ser utilizada é a de 2 nF e os cabos devem estar ligados nas entradas “COM” e “mA” (conexão Cx).

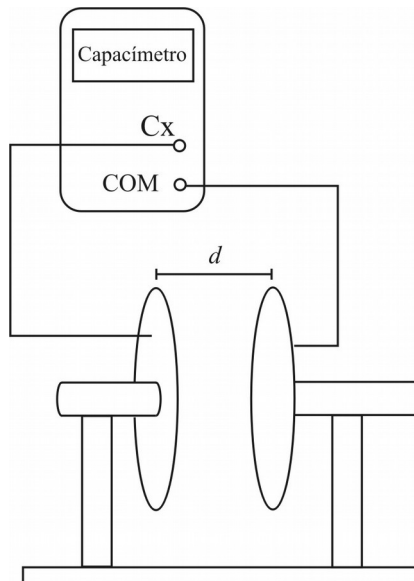


Figura 1. Montagem experimental utilizada para determinar a permissividade elétrica com um capacitor de placas paralelas.

Em seguida meça a capacitância para distâncias (em mm utilizando o nônio do equipamento) entre as placas do capacitor. Faça uma medida para cada folha de papel. Repita este procedimento cinco vezes. Como sugestão, faça duas tabelas para armazenar os dados. Uma para valores de capacitância e outra para valores de distância entre as placas do capacitor (como no exemplo abaixo).

d (mm) / 1 folha papel	d (mm) / 2 folhas papel	d (mm) / 3 folhas papel	...
Medida 1	Medida 1	Medida 1	Medida 1
Medida 2	Medida 2	Medida 2	Medida 2
...	...	...	...

Tabela 1: Medida da distância entre as placas do capacitor

C (nF) / 1 folha papel	C (nF) / 2 folhas papel	C (nF) / 3 folhas papel	...
Medida 1	Medida 1	Medida 1	Medida 1
Medida 2	Medida 2	Medida 2	Medida 2
...	...	...	...

Tabela 1: Medida de capacitância do capacitor

Na sequência, após completar todas as colunas, selecione todos os dados e clique na opção *statistics on columns* para obter a média e estatística dos valores medidos.

### 3. Análise de dados

No SciDAvis, após completar todas as colunas da tabela 1 e 2, analise cada tabela separadamente. Selecione todos os dados e clique na opção *statistics on columns* para obter a média e estatística dos valores medidos.

Insira os dados da média da distância entre as placas na coluna 1 (coluna  $x$ ) e os dados da média da capacitância na coluna 2 ( $y$ ). A coluna 1 e a coluna 2 é composta pela média das cinco medidas (cinco repetições). Crie mais duas colunas, na coluna 3 insira as incertezas das medidas de distância entre as placas e na coluna 4 insira as incertezas nas medidas da capacitância. As incertezas das medidas são a combinação das incertezas instrumentais e aleatórias.

Gere o gráfico e para fazer o ajuste de uma função que não está previamente definida escolha a opção no menu: (Analysis > Fit wizard). A janela mostrada na figura 2 irá abrir. Nesta janela você encontrará uma série de funções pré-definidas e terá a opção de definir uma função para ser ajustada. A função a ser ajustada terá a forma:

$$y = \frac{a}{x} + b \quad (1)$$

Onde o significado físico do parâmetro de ajuste  $a$  é o produto entre a permissividade e a área da placa do capacitor  $A$ , e  $b$  é a capacitância residual do sistema (note que mesmo que o capacitor seja desconectado dos cabos o capacitômetro indica uma leitura diferente de zero). Para definir esta equação mantenha os parâmetros  $a$  e  $b$  e escreva “a/x+b” na caixa em branco, como indicado na figura 2.

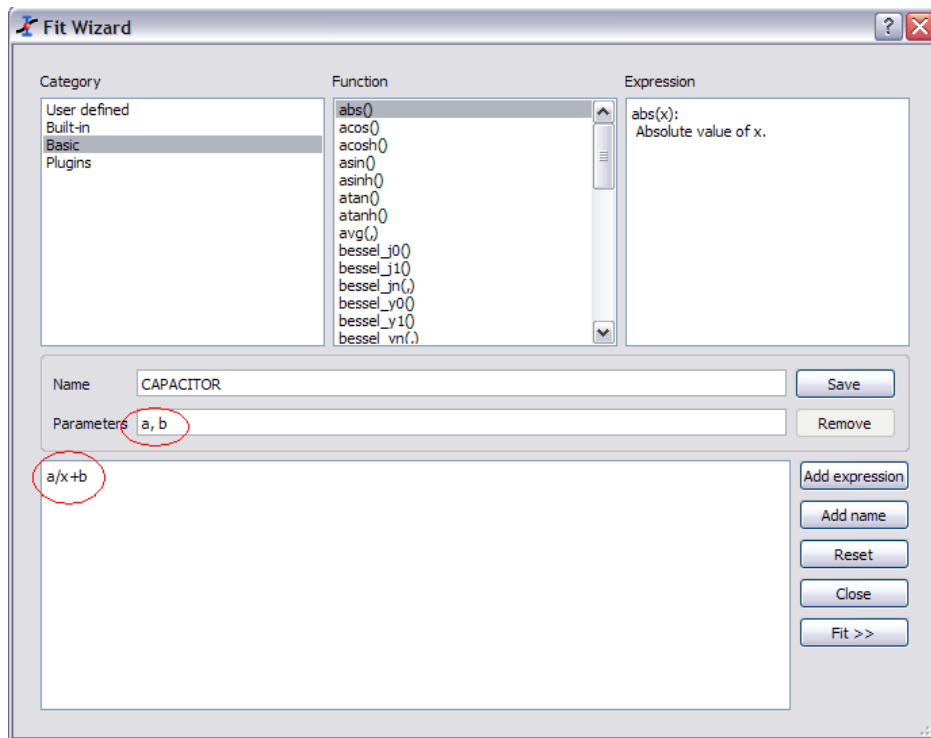
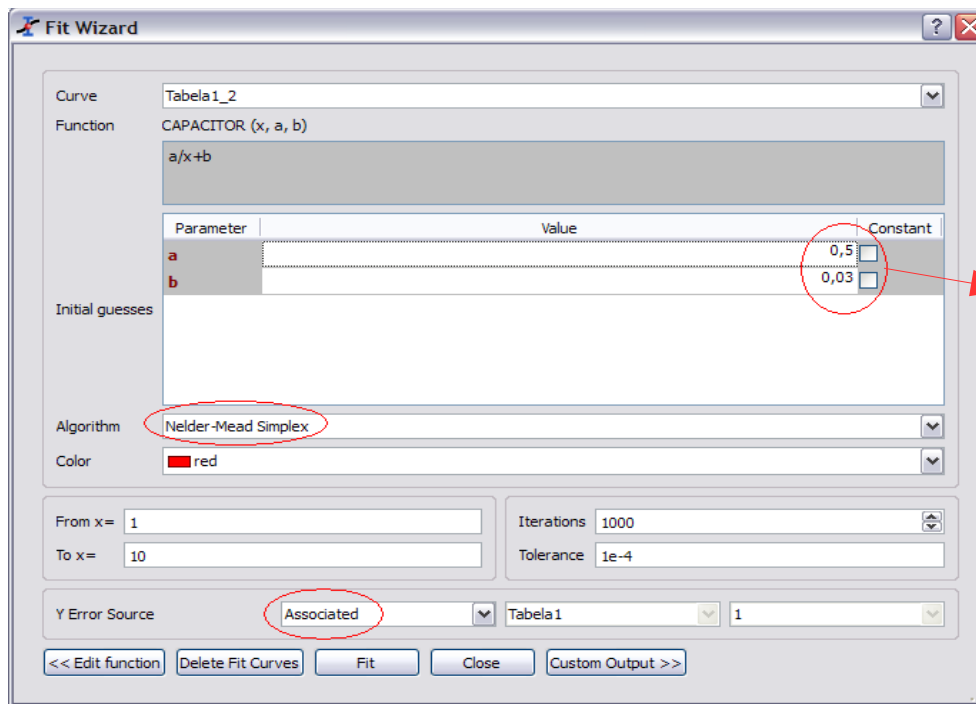


Figura 2. Janela do assistente de ajuste

Em seguida selecione o botão “Fit” e a janela mostrada na figura 3 será aberta. Nesta janela são definidos os parâmetros iniciais para o ajuste, os parâmetros constantes, o intervalo do ajuste entre outras opções. Na aba “Algorithm” mude de “Scaled Levenberg-Marquardt” para “Nelder-Mead Simplex”. Na opção para a definição da fonte de incertezas (Y Error Source) escolha com fonte de erros a opção “Associated”. Após definidos esses parâmetros selecione “Fit” para ajustar o modelo.



Não mude para estes valores, apenas observe e analise que valor irá aparecer após o seu ajuste!

Figura 3. Janela de definição dos parâmetros de ajuste

Com os valores encontrados com as constantes “a” e “b”, determine o valor da constante dielétrica do papel. Compare estes valores com valores fornecidos na literatura.

Faça a transferência de incertezas do eixo  $x$  para o eixo  $y$  e refaça a ajuste da equação 1. Determine o erro relativo (erro percentual) entre o valor obtido e o valor tabelado de  $\kappa_{\text{papel}} = 3,7$ .