

---

# CONSTRUÇÃO DE CAPACITORES DE GRAFITE SOBRE PAPEL, COPOS E GARRAFAS PLÁSTICAS, E MEDIDA DE SUAS CAPACITÂNCIAS<sup>+</sup>\*

---

*João Bernardes da Rocha Filho*

Faculdade de Física – PUCRS

*Marcos Alfredo Salami*

Museu de Ciências e Tecnologia – PUCRS

*Cláudio Galli*

Faculdade de Física – PUCRS

*Manuela Klanovicz Ferreira*

*Thiago Stein Motta*

*Rita de Cássia da Costa*

Escola Estadual Presidente Roosevelt

Porto Alegre – RS

## Resumo

*Este artigo apresenta um conjunto de atividades realizadas no Laboratório Especial de Física do NAECIM<sup>1</sup>/MCT<sup>2</sup>/PUCRS<sup>3</sup>, entre março de 2003 e dezembro de 2004, envolvendo a utilização, para o ensino de Física, de capacitores construídos com grafite deposta sobre folhas de cartolina e lâminas plásticas recortadas de copos descartáveis e garrafas de refrigerantes. Também foram determinadas as capacitâncias desses capacitores, sempre utilizando técnicas de baixo custo, tanto na construção quanto na medição das capacitâncias. A atividade foi desenvolvida com alunos de graduação em Física, do Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS, e também com grupos de alunos do Ensino Médio de escolas de Porto Alegre que participam de um programa de intercâmbio com o MCT/PUCRS, e foi, em parte, tema de dissertação defendida em março de*

---

<sup>+</sup> The construction of graphite capacitors on paper, glass and plastic bottles , and the measures of its capacitances

\* *Recebido: janeiro de 2005.  
Aceito: setembro de 2005.*

<sup>1</sup> NAECIM – Núcleo de Apoio à Educação em Ciências e Matemática do MCT/PUCRS

<sup>2</sup> MCT – Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS

<sup>3</sup> PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

2004, naquele mestrado. A técnica permite ao estudante construir capacitores com alto grau de liberdade, utilizando lápis e retalhos de cartolina ou plástico, além de um multímetro para a medição das suas capacitâncias. Os resultados desse trabalho revelaram-se satisfatórios, uma vez que ele colabora com o processo de compreensão e aprendizagem desse assunto, promovendo o engajamento e a livre participação de todos os alunos, em uma atividade simultaneamente educativa e lúdica.

**Palavras-chave:** *Ensino de Física, experimentação, capacitância.*

### **Abstract**

*This article presents a group of activities carried through in the Special Laboratory of Physics of the NAECIM/MCT/PUCRS, between 2003/March and 2004/December, involving the use, for the Physics Teaching, capacitors constructed with graphite put down on bristol board leves and plastic blades cut of dismissable cups and bottles of cooling. One technique of low cost in the construction and the measurement of the capacitance of these capacitors was used. The activity was developed with pupils of graduation in Physics, Masters Degree in Science and Mathematics Education of PUCRS, and also with groups of pupils of many High Schools of Porto Alegre, that participate in a program of interchange with the MCT/PUCRS, and it was, in part, subject of master degree dissertation defended in March of 2004, on that master program. The technique allows the student to construct capacitors with certain degree of freedom, using pencil, remnants of bristol board or plastic, as also a multimeter for the measures of capacitances of the capacitors. The results of this work had shown a time satisfactory that the same collaborates with the process of understanding and learning of this subject, promoting the enrollment and the free participation of all the pupils in an educative and playful activity at the same time.*

**Keywords:** *Learning of Physics, experimentaton, capacitance.*

## **I. Introdução**

O conceito de capacitância é um assunto de Física do Ensino Médio que tem sido ensinado, em muitos casos, via aplicação direta de equações na solução de problemas teóricos. A elaboração matemática que envolve seu uso não é complicada, mas a apropriação da fenomenologia correspondente passa pela experimentação, freqüentemente inexistente. Por esse motivo é importante que as escolas ofereçam oportunidades de aprendizagem baseadas em atividades experimentais. Sobre isso, Padilla (1998, p. 165) afirma que:

*Estudos adicionais sobre habilidades de experimentação mostram que elas se relacionam intimamente com as habilidades de pensamento formal [...] sabemos também que a maioria dos recém adolescentes e muitos jovens adultos ainda não atingiram a plenitude de sua capacidade de raciocínio formal.*

É possível sincronizar experimentação com conhecimentos teóricos sobre capacitância utilizando materiais de baixo custo, desde que o professor opte, por exemplo, por proporcionar a seus alunos atividades práticas que enfatizem a descrição qualitativa dos fenômenos, sem a necessidade de laboratórios sofisticados, não disponíveis na maior parte das escolas de Ensino Médio, estabelecendo metas que possam ser alcançadas envolvendo um mínimo de materiais específicos. Além disso, Borges (2002, p.294) concorda que:

*É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados.*

Neste artigo são descritas atividades de construção de capacitores de grafite sobre placas isolantes, paralelas e planas, obtidas de folhas de cartolina ou recortes de garrafas plásticas de refrigerante. Também são apresentados resultados de medidas das capacitâncias dos capacitores construídos pelos alunos. O único equipamento de caráter mais específico utilizado foi um multímetro digital com a função capacímetro, com escalas de 2nF até 20 $\mu$ F, freqüentemente existente nas escolas que possuem laboratórios montados, ou que pode ser adquirido a um custo muito baixo. A grafite já foi utilizada na produção de resistores para medição de resistências individuais e associações, como aparece no artigo de Rocha Filho et al (2004), e também na produção de capacitores para medição de capacitâncias em atividades mencionadas na dissertação de mestrado de Salami (2004).

Segundo Lazarowitz e Tamir (apud BARBERÁ e VALDÉS, 1996), essa produção de baixo custo pode ser utilizada em atividades centradas na experimentação em sala de aula sem a necessidade de laboratórios, porque pode:

- dar oportunidade de manipular resultados obtidos por equipamentos;
- desenvolver habilidades de raciocínio lógico e organização, e;
- construir e comunicar valores relativos à natureza da ciência.

De acordo com Woolnough e Allsop (apud BARBERÁ; VALDÉS, 1996), atividades experimentais dessa natureza também podem atender objetivos fundamentais, tais como proporcionar:

- exercícios, criados para estimular técnicas e habilidades práticas;

- investigações, em que os estudantes têm a oportunidade de enfrentar tarefas abertas e exercitarem-se como cientistas que resolvem problemas; e

- experiências, em que se propõe que os alunos tomem consciência de determinados fenômenos naturais.

Uma oportunidade de aprender Física através de atividades experimentais, entretanto, não garante que o enfoque seja produtivo, pois o processo pode esbarrar em métodos convencionais de cunho burocrático, como têm ocorrido, por exemplo, com os tradicionais relatórios, que são documentos formais geralmente inúteis do ponto de vista educacional. O trabalho experimental eficiente, no Ensino Médio, deve ser proposto de modo que seja atraente pela sua dinamicidade, pela sua importância e características investigativas, e nunca um nível alto de exigência documental pode ser substituído do interesse despertado no estudante. Assim, um mesmo assunto pode ser trabalhado de tantas maneiras diferentes quanto a criatividade do professor permitir, mas essa escolha sempre deve considerar as condições do grupo a que se destina.

O assunto abordado neste artigo, por exemplo, poderia ser trabalhado parcialmente com o uso de capacitores comerciais, que também são de baixo custo, mas isso eliminaria a possibilidade da manipulação relacionada à construção dos próprios capacitores, o que potencializa a aprendizagem, anulando um dos atrativos que garante atenção e interesse da turma. Utilizar capacitores comerciais pode ser útil mais tarde, depois que o conceito de capacitância estiver estabelecido, porém as atividades envolvendo Capacitores de Grafite sobre Papel ou Plástico podem ser mais eficazes para o tratamento de concepções, tais como carga elétrica, eletrização, campo elétrico e diferença de potencial, capazes de contribuir substancialmente para o estudo da eletricidade.

Para avaliar os efeitos de sua aplicação, as atividades foram desenvolvidas em 2003 e 2004, com mestrandos do EDUCEM<sup>4</sup>/PUCRS, alunos de graduação em Física da FAFIS<sup>5</sup>/PUCRS, e estudantes do Ensino Médio das redes pública e privada e os resultados foram muito bons.

## **II. Construindo capacitores de placas plano-paralelas, riscadas com grafite sobre papel ou plástico**

A grafite é um material condutor de eletricidade, sintetizado a partir da grafita natural e da argila, muito utilizado na confecção de peças aplicadas em situações onde contatos elétricos de baixo atrito devem ser mantidos entre partes móveis e fixas de determinadas máquinas, como alguns tipos de motores elétricos. Como a grafite está presente no âmbito escolar e doméstico, pois é usada para escrita e pintura, o seu uso é

---

<sup>4</sup> EDUCEM – Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS.

<sup>5</sup> FAFIS – Faculdade de Física da PUCRS.

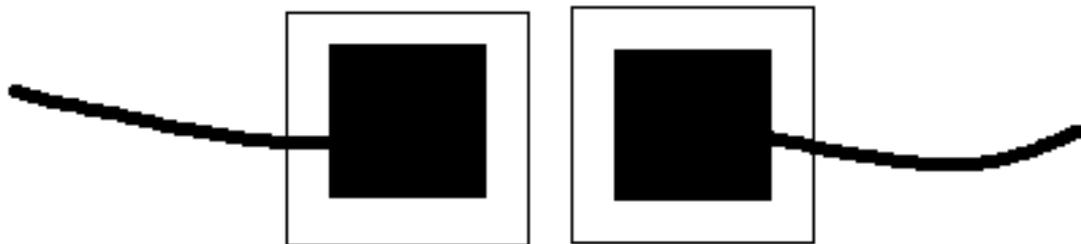
bastante acessível. Um desenho feito com lápis ou lapiseira de grafite sobre uma superfície isolante, como papel ou plástico, pode ser usado como fio de conexão, resistor, ou placa de um capacitor experimental, útil para uso em laboratórios didáticos econômicos de Física.

Cabe aqui um esclarecimento sobre o tipo de grafite comercial presente nos lápis e lapiseiras que utilizamos. As grafites são classificadas de acordo com dois critérios: a graduação e o diâmetro. O diâmetro é a espessura da grafite, e os valores mais conhecidos vão de 0,5mm a 1,0 mm, muito utilizados para escrita. Existem ainda grafites com diâmetros especiais, para aplicações específicas, como, por exemplo, 0,3mm, utilizadas no desenho técnico, e 5mm, para desenho artístico. A graduação indica o grau de dureza e de intensidade de preto da grafite, ou seja, se ela escreve mais escuro e macio ou mais claro e duro. Existem 14 graduações diferentes, do 6B até o 6H, em que por “H” entende-se “Hard” – uma mina dura –, por “B” entende-se “Brand” ou “Black” – uma mina macia ou preta – e por “HB” entende-se “Hard/Brand” – uma mina de dureza média. As grafites que proporcionam traço mais escuro e macio (B) são indicadas para desenhos artísticos, sombreados e esboços em geral. As grafites que possuem traço médio (HB) são ideais para escrita e desenho. Já as grafites mais claras e duras (H), são indicadas para desenhos técnicos e uso em papel vegetal e poliéster. A Fig. 1 mostra uma série de traços com grafites variáveis.

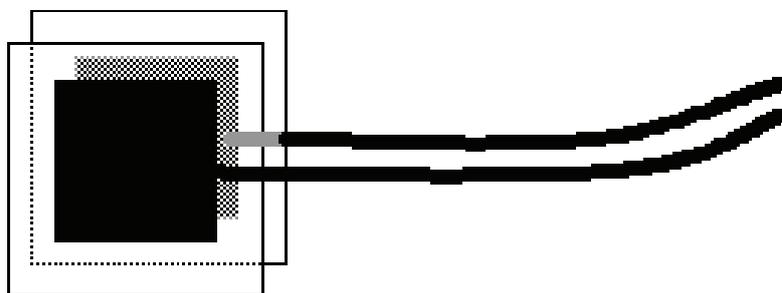


Fig. 1 - Exemplos de traçados com tipos diferentes de grafite. (Figura retirada do site: <[http://www.faber-castell.com.br/html/oficina-tml/falando\\_serio/grafites1.htm](http://www.faber-castell.com.br/html/oficina-tml/falando_serio/grafites1.htm)>)

A técnica proposta para construção dos capacitores consiste em aplicar grafite sobre as faces opostas de uma mesma folha de material dielétrico e utilizar esses desenhos de grafite como placas de um capacitor. Alternativamente, a aplicação de grafite pode dar-se em folhas diferentes do dielétrico, nesse caso o capacitor será constituído pela superposição das faces não grafitadas destas folhas (ou seja, com as faces grafitadas voltadas para fora). A Fig. 2 mostra dois pedaços de material isolante (plástico ou papel) riscados com grafite em uma das faces. Um pedaço de cabo elétrico fino e flexível se prende a cada uma das partes grafitadas das placas com, por exemplo, um pedaço de fita colante. Quando esses dois pedaços são sobrepostos com os lados pintados para fora, pode-se medir uma capacitância apreciável com o auxílio de um multímetro com função capacímetro, bastando conectar sua entrada aos fios vindo das placas, como na Fig. 3.



*Fig. 2 - Pedacos de papel ou plástico com quadrados pintados de grafite.*



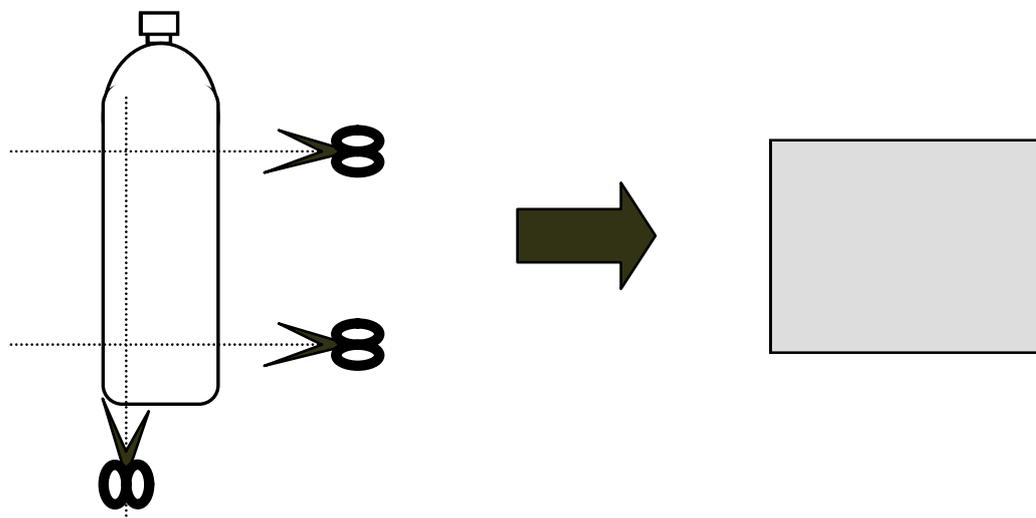
*Fig. 3 - Placas grafitadas sobrepostas e conectadas aos cabos de medição.*

Os capacitômetros acoplados a multímetros de baixo custo em geral não conseguem diferenciar correntes de fuga das correntes devidas à reatância capacitiva do capacitor sob medição. Para evitar falsos resultados é necessário prever margens grandes entre as partes grafitadas e as bordas da folha de dielétrico, evitando correntes superficiais indesejadas, e também evitar que as partes grafitadas encostem-se a superfícies que podem conduzir corrente elétrica, como mesas metálicas ou madeira úmida. Pelo mesmo motivo é necessário que, durante a medição, não haja contato direto dos dedos com as superfícies grafitadas ou com os condutores desencapados, pois o corpo humano representa um meio condutor de eletricidade de resistência relativamente baixa, o que afeta grandemente o valor da capacitância indicada por esse tipo de medidor.

Extensas experiências realizadas no Laboratório Especial de Física do NA-ECIM/MCT/PUCRS e no Laboratório de Instrumentação da FAFIS/PUCRS mostraram que os resultados podem ser afetados também por condução de corrente de fuga entre as placas, devido à umidade do papel, e até por finas camadas de grafite depositada pelos dedos do experimentador nas margens do papel ou dos pedaços de plástico. Cuidados são necessários quanto a esse aspecto, em parte, pelo princípio de funcionamento dos capacitômetros comerciais, que aplicam, em geral, um sinal elétrico alternado ao capacitor, e medem a corrente resultante. Quanto maior a capacitância, tanto maior será

a corrente, e então uma escala numérica adequada é aplicada ao valor da corrente medida. Ocorre que, havendo um caminho elétrico alternativo, como o deixado por resíduos de grafite ou pela umidade do papel, haverá uma corrente excedente, e o medidor normalmente não a distinguirá da corrente devida à capacitância e fornecerá leituras equivocadas.

O papel empregado para a construção dos capacitores pode ser, em princípio, qualquer um, porém um papel muito fino, riscado com grafite de ambos os lados, geralmente apresenta microfissuras onde a grafite se deposita, produzindo contato elétrico e correntes de fuga indesejáveis entre as faces. Cartolinas apresentaram bons resultados se comparadas com o papel fino, mas os melhores resultados, em termos de constância da capacitância ao longo do tempo, foram obtidos com dielétrico plástico, retirado de garrafas de refrigerantes PET, conforme mostrado na Fig. 4, ou de copos descartáveis mais espessos. Esses mesmos experimentos mostraram que grafites moles são mais indicadas para a pintura das placas.



*Fig. 4 - Como recortar folhas plásticas de garrafas PET.*

As capacitâncias obtidas por meio dessa técnica são relativamente pequenas em relação às capacitâncias normalmente encontradas em capacitores comerciais de volume semelhante, porém isso não constitui um problema porque mesmo os multímetros mais simples têm escalas capazes de realizar essas medições. As tabelas 1 e 2 foram obtidas durante uma oficina da técnica e mostram capacitâncias de vinte capacitores, dez deles construídos com plástico de garrafas PET e dez com plástico de copos descartáveis. Na realização desse experimento, os participantes foram instruídos a produzir capacitores retangulares com placas de dimensões aleatórias, que seriam determinadas posteriormente junto com a medição das capacitâncias. As medidas foram feitas com régua e um capacitímetro ajustado na escala de 2nF.

Tabela 1: Capacitâncias de diversos capacitores feitos com plástico de garrafa PET.

Capacitor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C (nF)	0,583	0,662	0,268	0,174	0,165	0,324	0,348	0,108	0,314	0,158
A (cm <sup>2</sup> )	47,6	48,3	27,0	12,4	12,8	24,1	35,0	7,7	27,2	14,8

Tabela 2 - Capacitâncias de capacitores feitos com plástico de copos descartáveis.

Capacitor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C (nF)	0,608	0,676	0,592	1,98	0,954	0,659	0,290	0,463	0,320	0,573
A (cm <sup>2</sup> )	39,0	35,6	28,6	125,0	52,0	34,0	17,1	27,7	17,0	34,8

É necessário riscar a superfície do dielétrico até o ponto onde a camada de grafite depositada fique uniforme, sem interrupções que possam ocasionar oscilações na medida, o que deve garantir que em qualquer local da superfície riscada com grafite seja possível realizar a medida da capacitância. Tal procedimento exige um pouco de cuidado do experimentador, pois a flexibilidade e as irregularidades do papel podem interromper o filme de grafite depositado. Nas avaliações realizadas com estudantes e professores no NAECIM/MCT/PUCRS, resultados satisfatórios foram obtidos com desenhos constituídos por diversas passadas fortes de lápis com grafite mole (tipo 6B), que produzem superfícies bem escuras e brilhantes.

Deve-se orientar o procedimento para deposição da grafite sobre o plástico, tendo em vista que ele oferece pouco atrito com a ponta do lápis ou da grafite. Para resolver tal situação utilizamos uma lixa para tornar a superfície áspera e capaz de aceitar a deposição da grafite. A lixa que forneceu os melhores resultados foi a de nº 240, chamada *lixa d'água* (do tipo utilizada em funilaria de automóveis), pois ela produz sulcos muito próximos, garantindo a continuidade da camada de grafite, conforme podemos ver na Fig. 5. Experimentos realizados com lixa de nº 50, mais grossa, produziram sulcos mais afastados entre si (Fig. 6), e os valores de capacitância medidos com essas amostras foram mais instáveis.

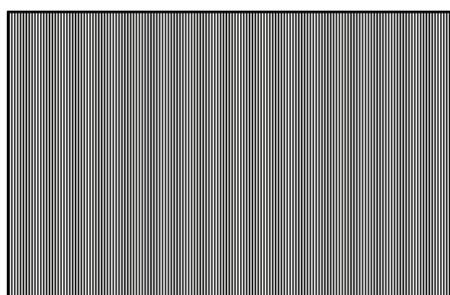
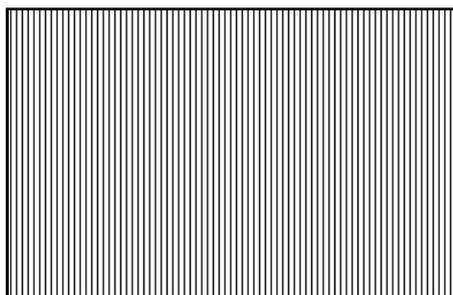
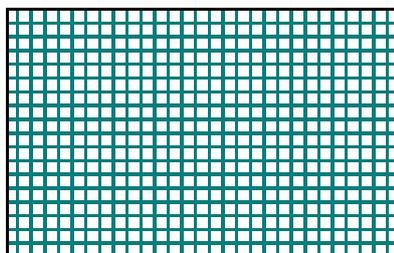


Fig. 5 - Sulcos produzidos no plástico, ao longo da direção vertical, com lixa nº 240.



*Fig. 6 - Sulcos produzidos no plástico, ao longo da direção vertical, com lixa n<sup>o</sup> 50.*

Mesmo com a utilização da lixa n<sup>o</sup> 240 é preciso garantir que a deposição da grafite sobre a placa fique uniforme. bons resultados foram obtidos quando o processo de abrasão e deposição da grafite foi feito em pelo menos duas direções, vertical e horizontal, conforme a Fig. 7, mas podem-se utilizar movimentos aleatórios da lixa, com resultados semelhantes.



*Fig. 7 - Sulcos produzidos no plástico, nas direções vertical e horizontal, com lixa n<sup>o</sup> 240.*

A ligação das placas grafitadas ao multímetro pode ser feita de diversas formas diferentes. Em nossos testes foram utilizados cabos finos com garras tipo “jacaré”, preparadas com um pedaço de fita adesiva em uma das serrilhas (ver Fig. 8a e 8b). A fita adesiva permite que a garra metálica faça um bom contato elétrico com uma única face das placas grafitadas, evitando o contato simultâneo com as duas placas, o que impediria a medição. Se o experimento for realizado com placas grafitadas em folhas separadas (com apenas uma das faces grafitadas em cada folha), esse cuidado não será necessário, pois a sobreposição pode ser feita de modo que uma garra não toque a outra placa, e vice-versa.

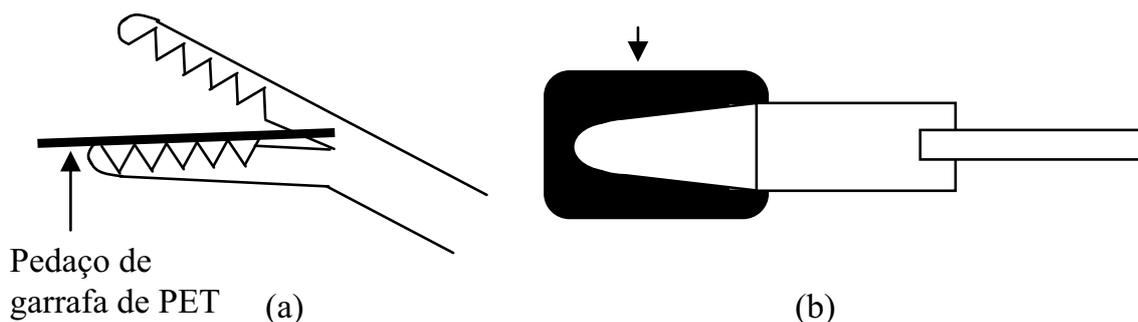


Fig. 8 - Vista lateral (a) e superior (b) da colocação de uma lâmina plástica sobre a serrilha das garras para evitar contato simultâneo com as duas faces grafitadas.

Os multímetros mais simples que contêm escalas de capacitância vêm, em geral, com uma tomada secundária para ligação de capacitores, diferente dos bornes das ponteiros usadas para medição de tensão, corrente e resistência. Nesse caso, o professor deve providenciar pedaços de fios finos (por exemplo, usados em telefonia) para serem introduzidos nessa tomada, e para serem ligados às placas grafitadas. A Fig. 9 mostra um destes multímetros típicos, e a forma de ligação às placas.

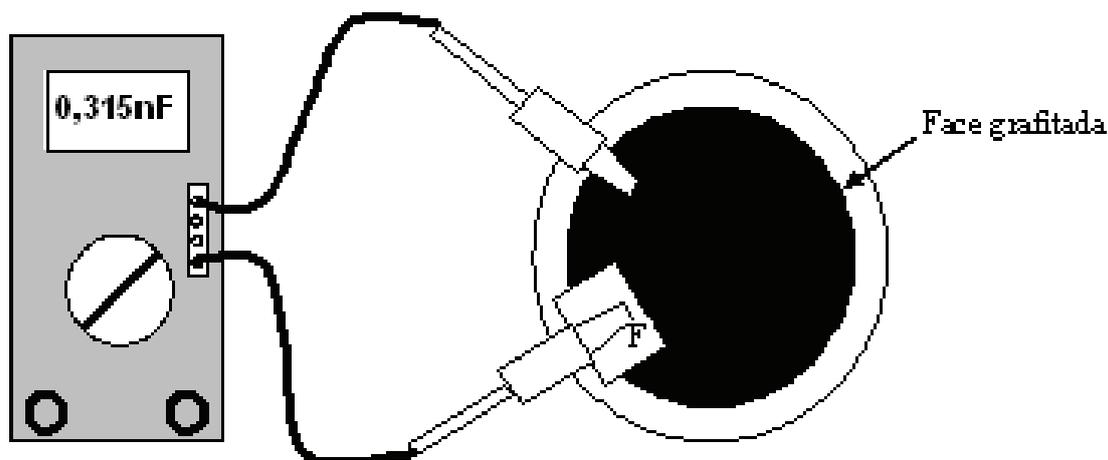
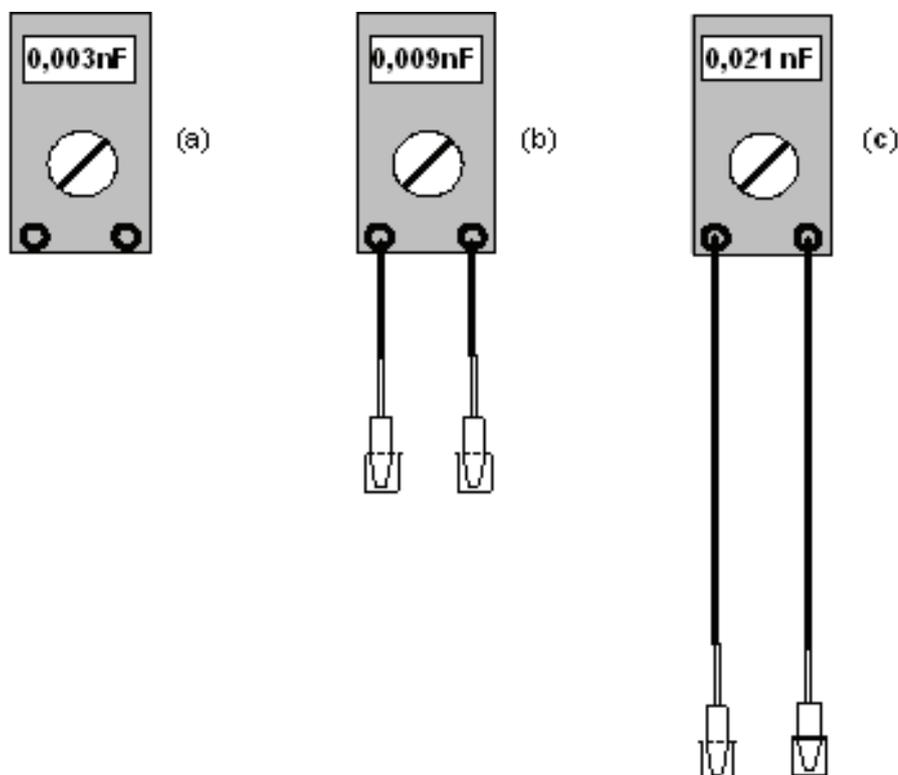


Fig. 9 - Forma de ligação às placas que receberam o filme de grafite (frente e verso), com o auxílio de fios telefônicos e garras "jacaré", tendo uma das serrilhas protegida por fragmento de garrafa de PET (F) para evitar curto-circuito entre as placas. A outra garra "jacaré" também está com uma de suas serrilhas isolada, porém o plástico não aparece por estar atrás da figura.

O multímetro-capacímetro, quando ajustado na menor escala de medição, normalmente 2 nF, eventualmente registra a capacitância residual oriunda dos próprios circuitos internos e também a dos fios conectados ao capacímetro. Após serem ligados

fios com aproximadamente 25 cm de comprimento, por exemplo, nossos instrumentos chegaram a indicar valores próximos a 0,0 1nF sem que qualquer capacitor tenha sido conectado (Fig. 10). Em medições mais rigorosas, esse valor deve ser descontado da capacitância indicada, mas na maior parte das aplicações didáticas ele pode ser desprezado.



*Fig. 10 - (a) Multímetro sem as ponteiros, ajustado na escala de capacitâncias, já registra 0,003 nF de capacitância residual. (b) Com a conexão dos cabos de 25 cm de comprimento, o valor residual passa para 0,009 nF. (c) Com cabos de 85 cm, o valor sobe para 0,021 nF. Nos três multímetros a escala utilizada foi de 2 nF.*

Nas Fig. 11(b) e 11(c) os valores aumentam mais ainda, pois os cabos estão enrolados, como é mostrado. Logo, deve-se ter cuidado no tocante ao tamanho e ao arranjo dos fios de medição. O efeito observado relaciona-se ao fato de os cabos também atuarem como placas de um capacitor e, se forem aumentados os seus comprimentos, estaremos aumentando a área das placas e conseqüentemente a capacitância. Ao enrolar os cabos, nós os aproximamos mais, o que equivale a aproximar as placas do capacitor, aumentando também a capacitância. O professor pode utilizar essa característica do instrumento como fonte de discussões e descobertas, fomentando o questionamento reconstrutivo.

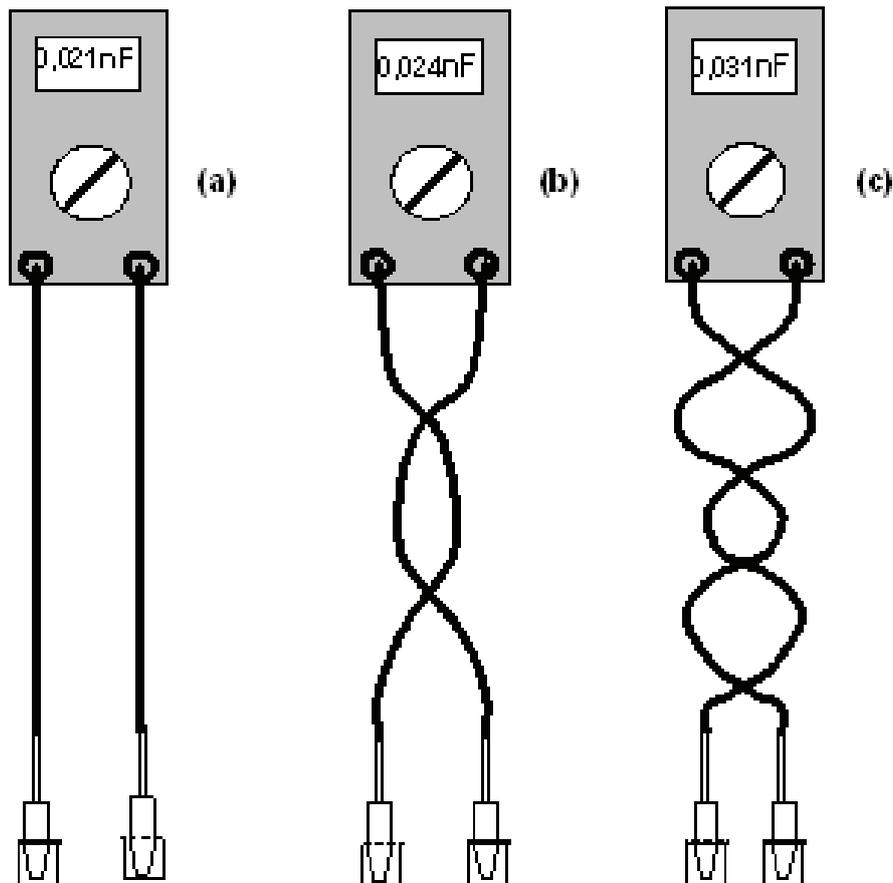


Fig. 11 - (a) Multímetro ajustado para medir capacitâncias, apresentando valores de capacitâncias residuais. (b) Cruzando os mesmos cabos duas vezes, o valor residual indicado aumenta. (c) Se cruzarmos quatro vezes os cabos, o valor aumentará ainda mais.

Uma das formas de se conseguir maior capacitância com a mesma área e dielétrico é enrolar um capacitor plano de placas paralelas em forma de *rocambolé*. Isso acontece porque o enrolamento provoca compressão entre as placas, reduzindo folgas e aproximando as superfícies grafitadas. As tabelas 3 e 4 mostram a variação das capacitâncias medidas em cinco capacitores, primeiramente estendidos, e depois enrolados.

A Fig. 12 mostra que os capacitores enrolados foram construídos utilizando uma tira de dielétrico (cartolina, garrafa de PET ou copo descartável), que aparece como o retângulo externo, delimitado por linhas cheias. Sobre essas tiras foram riscados retângulos menores com a grafite do lápis 6B, e foram fixados, em ambas as faces, contatos metálicos (utilizamos fio de telefone, mas pode-se usar outro material metálico), destacados com linha cheia branca e preta. Para melhorar o contato da grafite com o fio metálico, esse foi moldado em forma de S na extremidade, o que aumentou a superfície de contato metal-grafite, evitando que a resistência excessiva desta conexão

afetasse em demasia os valores medidos. Em preto pontilhado aparece a fita adesiva, utilizada para cobrir o retângulo de grafite (uma das placas do capacitor). A placa do lado oposto não necessita ser recoberta pela fita pois, ao ser enrolada, não fará contato com a placa já recoberta. Entretanto, essa face grafitada também necessita de um contato metálico, indicado no lado esquerdo da figura. A Fig. 13 mostra esse capacitor sendo enrolado.

Tabela 3: Medidas de cinco capacitores, estendidos e enrolados, feitos de plástico de garrafa PET.

<b>Capacitor de dielétrico PET</b>				
Estendido				
$C_{1(nF)}$	$C_{2(nF)}$	$C_{3(nF)}$	$C_{4(nF)}$	$C_{5(nF)}$
0,322	0,363	0,350	0,363	0,376
Enrolado				
$C_{1(nF)}$	$C_{2(nF)}$	$C_{3(nF)}$	$C_{4(nF)}$	$C_{5(nF)}$
0,572	0,724	0,703	0,710	0,600

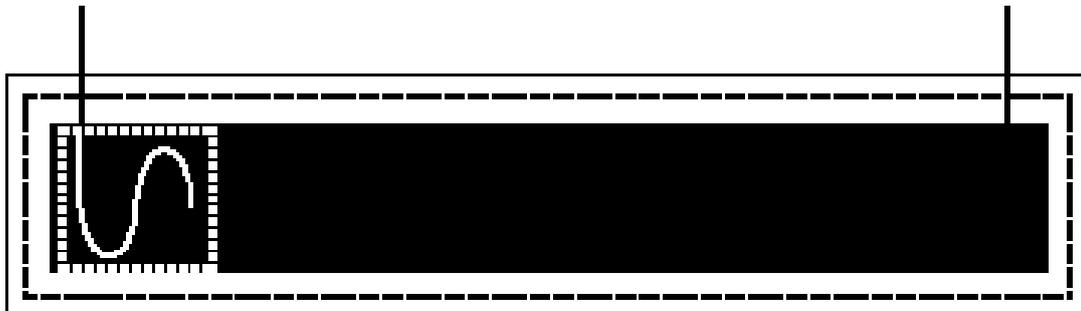
Tabela 4: Medidas de cinco capacitores, estendidos e enrolados, feitos de plástico de copos descartáveis.

<b>Capacitor de dielétrico de plástico de copo descartável</b>				
Estendido				
$C_{1(nF)}$	$C_{2(nF)}$	$C_{3(nF)}$	$C_{4(nF)}$	$C_{5(nF)}$
0,461	0,505	0,551	0,549	0,037
Enrolado				
$C_{1(nF)}$	$C_{2(nF)}$	$C_{3(nF)}$	$C_{4(nF)}$	$C_{5(nF)}$
0,620	0,906	0,939	1,028	0,019

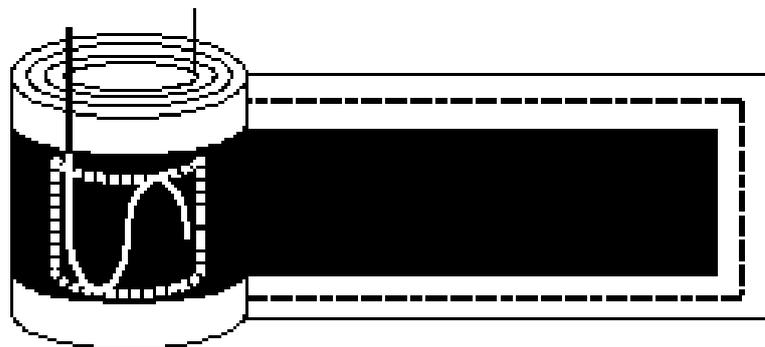
Abaixo, apresentamos um resumo dos cuidados gerais recomendados durante a construção de capacitores de placas de grafite:

- na confecção dos capacitores, é conveniente utilizar material mais espesso, como cartolina, PET ou papel cartão para haver maior estabilidade da capacitância;

- quanto à deposição da grafite sobre o dielétrico, através de riscos com o lápis, é útil fazê-la em mais de uma direção, de modo a garantir que toda a superfície receba aproximadamente a mesma quantidade de grafite;
- na disposição da grafite, é conveniente utilizar lápis com grafite mole, do tipo 6B;



*Fig. 12 - Capacitor de placas plano-paralelas. Os retângulos pontilhados maior e menor são fitas adesivas para isolar uma das placas do capacitor e prender o eletrodo, respectivamente; atrás surge o outro eletrodo que deve ser moldado e preso da mesma forma.*



*Fig. 13 - Capacitor plano de placas plano-paralelas sendo enrolado. A figura pontilhada é a fita adesiva para prender o eletrodo.*

- devido às diferenças na pressão do lápis, capacitores desenhados por pessoas diferentes tendem a ter capacitâncias diferentes;
- quando o dielétrico for garrafa de PET ou copo descartável, faz-se necessário primeiro lixar o dielétrico para que ele possa receber a grafite. Utilize lixa d'água nº 240 ou semelhante de granulação fina para criar pequenos sulcos na superfície;

- o dielétrico de copo descartável permite valores bem estáveis de capacitância e é de fácil manuseio e aquisição, porém quando lixado pode apresentar pequenas fissuras que permitirão contato entre a grafite depositada nas duas faces, ocasionando oscilação na capacitância. Já a garrafa de PET não apresenta esse problema, devido à maior espessura de sua parede;

- diferentes capacitômetros podem medir capacitâncias diferentes para o mesmo capacitor, pois os processos eletrônicos de medição utilizados por esses instrumentos podem variar e serem afetados em maior ou menor grau pelas características atípicas de um capacitor artesanal, como o que desenvolvemos;

- em capacitores estendidos, é importante que seja aplicada uma pressão uniforme em toda a área das placas para evitar que elas se afastem em certos pontos, o que diminui a capacitância medida.

### III. Conclusões

Dentro do propósito de tentar melhorar a qualidade do Ensino de Física a partir da disseminação de atividades centradas na experimentação com materiais de baixo custo, os capacitores construídos com grafite sobre papel, cartolina e plástico representam uma técnica simples, de implementação pouco onerosa e eficiente para o ensino do conceito de capacitância elétrica. Os resultados são alentadores, pois é possível construir capacitores com dielétricos distintos a partir de materiais que fazem parte do cotidiano do aluno.

Com o auxílio dessa técnica, é possível implementar diretamente atividades experimentais de apoio didático envolvendo a natureza dimensional da capacitância, a associação de capacitores e a medida da constante dielétrica de diversos materiais. Além disso, dependendo da disponibilidade de instrumentação, o professor pode proporcionar aos seus alunos experimentos envolvendo a medição da constante de tempo de circuitos RC ou LC, e da reatância capacitiva de circuitos simples. Em qualquer caso, os resultados pedagógicos tendem a superar os que podem ser obtidos por meio de aulas tradicionais, copiadas.

Para os professores que decidirem implementar a técnica proposta aqui, recomendamos também a leitura do artigo “Resistores de Papel e Grafite”, publicado originalmente no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 20, n. 2, de agosto de 2003, que foi incluído na Edição Especial do CBEF, vol. 21, de novembro de 2004. Nesse artigo, a grafite é aplicada à construção de resistores e suas associações, complementando o trabalho com capacitores.

Alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Roosevelt e do curso de Licenciatura em Física da PUCRS realizaram as atividades aqui mencionadas. Professores do curso Pró-Ciências, bem como os alunos da Escola Estadual Júlio de Castilhos (a professora Jaqueline Rosa Ludvig realizou seu trabalho de Conclusão de Curso sobre o tema) conheceram a técnica e a aprovaram.

Em todos esses casos, os resultados foram muito satisfatórios no que diz respeito ao envolvimento dos alunos na construção dos capacitores e ao conhecimento adquirido ao longo das atividades, conforme depoimentos das pessoas envolvidas.

## **Referências**

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El Trabajo práctico en la enseñanza de las Ciencias: una revisión. **Enseñanza de Lãs Ciências**, Barcelona, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

GASPAR, A. **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**. São Paulo: Ática, 2000.

PADILLA, M. J. Habilidades Processuais em ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, p. 162-167, 1988.

SALAMI, M. A. **Resistores e capacitores com lápis, papel e plástico**. 2004. Dissertação (Mestrado) - PUCRS, Porto Alegre.

ROCHA FILHO, J. B. et al. Resistores de papel e grafite: Ensino experimental de eletricidade com papel e lápis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 228-236, 2002.