

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**MARCOS ALFREDO SALAMI**

**RESISTORES E CAPACITORES UTILIZANDO LÁPIS, PAPEL E  
PLÁSTICO**

**Dissertação de Mestrado**

**PORTO ALEGRE, 2004**

**MARCOS ALFREDO SALAMI**

**RESISTORES E CAPACITORES UTILIZANDO LÁPIS, PAPEL E PLÁSTICO**

**Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática da Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.**

**Orientador: Prof. Dr. João Bernardes da Rocha Filho**

**Porto Alegre**

**2004**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S159r Salami, Marcos Alfredo  
Resistores e capacitores utilizando lápis, papel e plástico / Marcos Alfredo Salami. – Porto Alegre, 2003.  
183 f. : il.  
Dissertação (Mestrado) – Fac. de Química, PUCRS, 2004.  
1. Eletricidade – Ensino. 2. Eletricidade – Experiências. 3. Aprendizagem. 4. Experimentação. 5. Educação – Métodos Experimentais. 6. Resistores. 7. Capacitores. 8. Grafite. 9. Investigações. I. Título.

CDD 537.072  
621.3130724

Bibliotecária Responsável  
Iara Breda de Azeredo  
CRB 10/1379

## **AGRADECIMENTOS**

Ao diretor do MCT, prof. Dr. Jeter Jorge Bertolletti e ao prof. Gustavo Luiz Pereira de Araújo, coordenador do NAECIM, ambos meus superiores que não titubearam para apoiar-me na realização do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Bernardes da Rocha Filho pela orientação segura do trabalho e pelas palavras de ânimo.

A minha namorada Célia, pelo amor e entendimento dos momentos que passei.

Ao meu irmão Paulo, pelo estímulo para prosseguir na caminhada.

Ao meu pai Alfredo e minha mãe Dorvalina por me aceitarem como filho nessa encarnação.

As irmãs, por afinidade, Denise Kriedte da Costa, Margarete J. V. Centeno Hülsendeger e ao irmão adicional Zenar Pedro Schein, pelo companheirismo e apoio na jornada.

Às amigas do plano espiritual, conhecidas pelo pseudônimo de irmã Lúcia, irmã Rita, bem como os demais anônimos que acompanham a minha caminhada nesta encarnação. Ao meu anjo da guarda e a Jesus, por suportarem minhas queixas e me revigorarem para vencer o desafio.

A Marília Rangel Maciel, Pedro Ubirajara Schrage, Manuela Klanovicz Ferreira, Thiago Stein Motta e a Profa. Rita de Cássia da Costa por me auxiliarem grandemente na realização do trabalho.

Aos professores de física das escolas públicas e particulares de Porto Alegre que participaram da oficina sobre resistores e capacitores.

Tudo é luta na vida. Esta parece querer exprimir-se sobretudo em forma de luta, e exercitar desta maneira a sua maior atividade. É a vida uma contínua tensão para vencer em qualquer plano. Nas suas fases mais primitivas, vencer a fera inimiga, na atual fase de vida em sociedade, vencer o próximo a fim de suplantá-lo; no biótipo do super-homem vencer para subjugar e superar as leis inferiores da animalidade e dar ao mundo novas diretrizes. Lutar para vencer, ou seja, para elevar-se, ascender, evoluir. A lei suprema da evolução toma a forma de luta desesperada, para remir-se da dor e do mal e conquistar a felicidade. Esta encontra-se escrita e arde perenemente no fundo da alma humana, como um instinto, um anseio inextinguível, um sonho, uma fé, como uma utopia que sabemos fugir longínqua e inatingível, mas na qual o homem é obrigado a crer, contra todas as aparências e dificuldades, até ao desespero. Isto porque, sem tal fé num futuro melhor, mesmo que pareça loucura, não teria o homem mais conforto na fadiga de ascender, nem mais finalidade na sua caminhada, nem luz alguma de esperança no amanhã.

São por isso importantes elementos a utopia e a fé e fazem parte integrante da mecânica da vida. Por mais que desprezem tudo isso os cétricos e os práticos positivos, se existe isso na vida, alguma função deve ter, e é justamente a de antecipar o futuro. A série das mesquinhas, ilusórias e instáveis aquisições, que estão ao nosso alcance na existência terrena, não é suficiente para dar finalidade e justificação a todo o trabalho imenso que realiza a nossa existência, como indivíduos e como sociedade. E não podemos dizer que vivemos para perder tempo, inutilmente, e para sofrer. Se cada fenômeno, se cada ato nosso é um caminho para uma finalidade, o fenômeno e o ato máximo, que são a nossa vida e o funcionamento do universo, como poderiam deixar de ter uma finalidade? Por mais escuro que seja o futuro, a utopia e a fé são uma ponte lançada sobre essa escuridão, para sondá-la, nela apoiar o pé e aí construir, à proporção que ela se torna presente pelo nosso aproximar-se.

Retirado do livro Problemas Atuais, capítulo I, de Pietro Ubaldi, ed. FUNDÁPU, Campos, Rio de Janeiro, 1986, 3 edição, 271 páginas, tradução de Carlos Torres Pastorino.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta uma investigação realizada na PUCRS, entre abril de 2002 e dezembro de 2003, envolvendo a viabilidade da utilização de resistores e capacitores feitos de grafite deposto sobre papel, cartolina e plástico, como experimentação auxiliar à aprendizagem de eletricidade no ensino médio, especificamente em relação aos conteúdos de resistividade, cálculo de resistência equivalente de associações série e paralelo de resistores e capacitores, dependência da capacitância com a área, com a distância entre as placas e com o formato das placas, além de capacitores cilíndricos formados por placas enroladas. A técnica de baixo custo resultante desse desenvolvimento permite ao estudante manipular lúdica e variáveis envolvidas na definição de resistência e capacitância elétrica, além de permitir-lhe criar e modificar livremente associações de resistores e capacitores, utilizando unicamente um multímetro com função para capacitância, papel e lápis tipo 6B. Esta técnica também apresenta grande potencial para acelerar o processo de compreensão e aprendizagem desses conteúdos porque é agradável, simples, barata e promove o engajamento e a livre participação de todos os alunos.

Palavras-chave: resistores, capacitores, grafite, investigação, baixo custo.

## SUMMARY

This thesis presents an inquiry carried through in the PUCRS, between April of 2002 and December of 2003, involving the viability of the use of electrical resistances and done graphite capacitors put down on paper, bristol board and plastic, as experimentation auxiliary to the learning of electricity in high school education, specifically in relation to the resistivity contents, calculation of equivalent resistance of series and parallel associations of resistors and capacitors, dependence of the capacitance with area and distance between plates or plate`s format, beyond cylindrical capacitors formed by rolled plates. The low cost technique resultant of this development allows the students to quickly manipulate changeable involved variables in the definition of resistance and electric capacitance, besides allowing it to freely create and to modify associations of resistors and capacitors, using solely a multimeter with capacitance meter function, paper and pencil type 6B. This technique also presents great potential to speed up the process of understanding and learning of these contents because it is pleasant, simple, cockroach and promotes the enrollment and the free participation of all the pupils.

Word-keys: electric resistance, capacitance, graphite, inquiry, low cost educational experiments.

## RESUMEN

Esta disertación presenta una investigación hecha en la PUCRS, entre abril de 2002 y diciembre de 2003, envolviendo la viabilidad de la utilización de resistores y capacitores hechos de grafito deposto sobre papel, cartulina y plástico, como experimentación auxiliar a el aprendizaje de electricidad en la enseñanza media, específicamente en relación a los contenidos de resistividad, cálculo de resistencia equivalente de asociaciones serie y paralelo de resistores y capacitores, dependencia de la capacitancia con el área, con la distancia entre las placas y con la forma de las placas, además de capacitores cilíndricos formados por placas arrolladas. La técnica de bajo coste resultante de ese desarrollo permite al estudiante manipular lucidamente variables envueltas en la definición de resistencia y capacitancia eléctrica, además de permitirle criar y modificar libremente asociaciones de resistores y capacitores, aprovechando unicamente un multímetro con función para capacímetro, papel, lápiz tipo 6B. Esta técnica presenta también un gran potencial para acelerar el proceso de comprensión y aprendizaje de esos contenidos porque es agradable, simple, barata y promueve el enganchamiento y la libre participación de todos los alumnos.

Palabras-clave: Resistores, capacitores, grafito, investigación, bajo coste.



## SUMÁRIO

	Origem da idéia	1
1	Importância e significado do estudo	5
2	Contexto em que foi conduzida a pesquisa	8
3	Objetivos	10
4	Problema	11
5	Fundamentação teórica	12
5.1	A experimentação	12
5.2	Considerações sobre a técnica dos resistores e capacitores	23
5.3	Resistores	26
5.4	Capacitores	34
6	Resultados	44
6.1	Resistores de papel e grafite	44
6.2	Comportamento elétrico dos resistores de papel e grafite	48
6.3	Capacitores de papel, garrafas de PET e copos descartáveis	52
6.4	Comportamento elétrico dos capacitores de papel, garrafas de PET e copos descartáveis	65
7	Fala dos professores	79
8	Conclusão e sugestões	83
9	Anexo 1	86
10	Anexo 2	89
11	Anexo 3	96
12	Anexo 4	104
13	Anexo 5	114
14	Anexo 6	125
15	Referências bibliográficas	165

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Volume cilíndrico com área de seção reta $A$ , composto de material com resistividade $\rho$	28
Figura 2: Pilha simples com uma placa de cobre e outra de zinco imersas em uma solução de ácido sulfúrico	29
Figura 3: Estrutura do grafite	32
Figura 4: Estrutura do diamante	32
Figura 5: Três resistores associados em série e resistência equivalente da associação	33
Figura 6: Três resistores associados em paralelo e resistência equivalente da associação	34
Figura 7: Capacitor de placas planas	38
Figura 8: Capacitor de placas cilíndricas	39
Figura 9: Capacitor de placas esféricas	39
Figura 10: Símbolos de capacitores polarizados (a) e (b) e não-polarizados	39
Figura 11: Capacitor variável com placas banhadas em prata	40
Figura 12: Associação de capacitores em série	41
Figura 13: Associação de capacitores em paralelo	42
Figura 14: Associação mista de capacitores	42
Figura 15: Exemplos de traçados com tipos diferentes de grafite	45
Figura 16: Exemplos de desenhos adequados para aplicação da técnica resistores de papel e grafite	46
Figura 17: Exemplo da associação em paralelo de três resistores	47
Figura 18: Exemplo da associação em série de três resistores	48
Figura 19: Modo de ligação do multímetro aos resistores de papel e grafite	48
Figura 20: Fragmentos de papel, cartolina ou plástico com quadrados pintados de grafite, e os fios de interligação	53
Figura 21: Quadrados com grafite sobrepostos conectados aos cabos, para medição	53
Figura 22: Forma desfavorável de depositar grafite sobre um dielétrico	54

	para produzir uma placa de capacitor	
Figura 23:	Forma correta de depositar grafite sobre dielétrico para produzir uma placa de capacitor	55
Figura 24:	Como recortar folhas plásticas de garrafas de PET	56
Figura 25:	Vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao logo da direção vertical com lixa nº 240	57
Figura 26:	Vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao logo da direção vertical com lixa nº 50	57
Figura 27:	Vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao logo das direções vertical e horizontal com lixa nº 240	57
Figura 28:	Detalhes lateral (a) e superior (b) da colocação de um fragmento de garrafa de PET sobre a serrilha das garras para evitar contato simultâneo com as duas faces que receberam o filme de grafite	58
Figura 29:	Tomada para medição de capacitância em um multímetro típico e forma de ligação às placas	59
Figura 30:	(a) Multímetro sem os cabos ajustado na escala de capacitâncias já registra 0,003nF de capacitância de fundo de escala. (b) Com a conexão dos cabos de 25 cm de comprimento cada, o valor de fundo de escala passa para 0,09nF	60
Figura 31:	(a) Vista frontal de dois capacitores de placas paralelas associados em série. (b) Vista da parte de trás da associação mostrando que não há ligação entre as placas para não transformamos a associação de série em paralelo	62
Figura 32:	Garras jacaré com às serrilhas isoladas por fragmento de garrafa de PET, observe que não há ligação entre as placas dos capacitores. Na face oposta garras sem isolamento nas serrilhas, mas ligação entre as placas	63
Figura 33:	(a) Vista frontal da associação de capacitores de placas paralelas em paralelo. (b) Vista de trás da associação	64
Figura 34:	Vista frontal da associação de dois capacitores de placas paralelas em paralelo. Observe que uma garra jacaré está	65

com uma de suas serrilhas isolada, ao passo que a outra serrilha da outra garra não está isolada

Figura 35:	Associação de dois capacitores de PET em série, $C_5$ e $C_6$ , da tabela 5	66
Figura 36:	Associação em paralelo de dois capacitores de PET, $C_9$ e $C_{10}$ , da tabela 5	68
Figura 37:	Associando mais lâminas ao dielétrico do capacitor	71
Figura 38:	Capacitor plano de placas paralelas	75
Figura 39:	Capacitor plano de placas paralelas sendo enrolado	75
Figura 40:	(a) Multímetro ajustado para medir capacitâncias apresentando o valor de 0,021nF de capacitância para o valor de fundo de escala. (b) Cruzando os mesmos cabos duas vezes o valor de fundo de escala passa para 0,024nF. (c) Se cruzarmos quatro vezes os cabos o referido valor passa para 0,031nF	87
Figura 41:	Associação em série de capacitores comerciais	88
Figura 42:	Associação em paralelo de capacitores comerciais	88
Figura 43:	Associação de dois capacitores de PET em série, $C_1$ e $C_2$ , da tabela 5	92
Figura 44:	Associação de dois capacitores de PET em paralelo, $C_1$ e $C_2$ , da tabela 5	93
Figura 45:	Associação de dois capacitores de copo descartável em série, $C_3$ e $C_4$ , da tabela 5	94
Figura 46:	Associação de dois capacitores de copo descartável em paralelo, $C_3$ e $C_4$ , da tabela 5	95
Figura 47:	Representação das associações em série e paralelo dos capacitores enrolados	124

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Família de curvas mostrando a dependência Resistência X Comprimento para resistores desenhados de 12cm de comprimento e de diferentes larguras	50
Gráfico 2:	Capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato circular, formadas por grafite sobre garrafa de PET	70
Gráfico 3:	Capacitância em função do distanciamento das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina	72
Gráfico 4:	Capacitância em função do tempo para capacitores com formas, áreas e dielétricos diferentes	97
Gráfico 5:	Capacitância em função do tempo para capacitores de até 1nF, com áreas, formas e dielétricos diferentes	98
Gráfico 6:	Capacitância em função do tempo para capacitores de 9nF até 90nF, com áreas, formas e dielétricos diferentes	99
Gráfico 7:	Capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato circular, formadas por grafite sobre cartolina, com áreas de $28,0\text{cm}^2$ e $14,0\text{cm}^2$	101
Gráfico 8:	Capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato quadrado, formadas por grafite sobre copo descartável, com áreas de $28,0\text{cm}^2$ e $14,0\text{cm}^2$ .	102
Gráfico 9:	Capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato triangular, formadas por grafite sobre garrafa de PET, com áreas de $28,0\text{cm}^2$ e $14,0\text{cm}^2$	103
Gráfico 10:	Capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre cartolina e com formato circular, para áreas de $28,0\text{cm}^2$ e $14,0\text{cm}^2$ .	111
Gráfico 11:	Capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre copo descartável e com formato quadrado, para	112

áreas de  $28,0\text{cm}^2$  e  $14,0\text{cm}^2$ .

Gráfico 12: Capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre garrafa de PET e com formato circular, para áreas de  $28,0\text{cm}^2$  e  $14,0\text{cm}^2$

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1:	Grupos de materiais segundo suas resistividades	28
Tabela 2:	Variação da resistência em função da distância das ponteiros de medição para resistores de papel e grafite retangulares, de 12cm de comprimento	50
Tabela 3:	Resistências individuais medidas e resistências calculadas e medidas para associações	51
Tabela 4:	Constantes dielétricas de alguns materiais	38
Tabela 5:	Capacitâncias individuais medidas e capacitâncias calculadas e medidas para associações	91
Tabela 6:	Teste das capacitâncias dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina, garrafas de PET e copos descartáveis em função do tempo, para áreas e formas diferentes	100
Tabela 7:	Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina para áreas iguais e formatos diferentes	105
Tabela 8:	Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina para áreas iguais e formatos diferentes	106
Tabela 9:	Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre copos descartáveis para áreas iguais e formatos diferentes	107
Tabela 10:	Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre copos descartáveis para áreas iguais e formatos diferentes	108
Tabela 11:	Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre garrafas de PET para área iguais e formatos	109

diferentes

Tabela 12: Teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre garrafas de PET para área iguais e formatos diferentes	110
Tabela 13: Valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, durante um intervalo de tempo de 18 dias	115
Tabela 14: Valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, com variação no filme depositado para formar as placas, durante um intervalo de tempo de 17 dias	118
Tabela 15: Capacitâncias individuais medidas e capacitâncias calculadas e medidas para associação em paralelo dos capacitores enrolados	120
Tabela 16: Valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, com variação no filme depositado para formar as placas, para 8 testes realizados, durante um intervalo de tempo de 17 dias	121
Tabela 17: Capacitâncias individuais medidas e capacitâncias equivalentes calculadas e medidas para associações de capacitores enrolados construídos entre 27 e 30/07/03	123



## ORIGEM DA IDÉIA

A idéia surgiu da reflexão sobre a forma de abordar a Física após ouvirmos falar e ler sobre o educar pela pesquisa. Os diálogos sobre o assunto com alguns professores do mestrado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS auxiliaram a aclarar a idéia sobre que linha de trabalho seguir. É importante destacar a influência exercida pelas aulas de metodologia do ensino de Física, ministradas na sala 314 do prédio 40, pelo prof. Plínio Fasolo, das quais assistimos muitas. Também a insatisfação com o tipo de aula que desenvolvemos contribuiu para tomarmos tal caminho.

Ao longo do tempo a observação tem mostrado como entender os fenômenos do mundo que nos cerca e verificamos que só após refletir sobre os mesmos e criarmos um modelo mental sobre eles, é que entendemos o que se passa. Entendemos por modelo mental uma representação gráfica em nossa mente, espécie de desenho do que estamos analisando. Tal modelo mental pode ser construído de duas maneiras: uma delas através de muitas leituras, cálculos e discussões sobre o assunto com outras pessoas. A outra forma de entender é vivenciar uma montagem, experimento, simulação ou qualquer outra maneira de entender o que está acontecendo, mesmo que com limitações. Porém é importante ressaltar que este mecanismo de compreensão, através do concreto, não dispensa o anterior. Fazendo estas constatações é que percebemos a importância, na Física, do experimento. Não o experimento demonstrativo, aquele que o professor realiza para o grande grupo, que apenas observa e não pode interagir no momento, ou o experimento com roteiro rígido, onde o aluno segue um conjunto de passos pré-determinados pelo professor para atingir um objetivo que, muitas vezes, não é o que

o aluno gostaria para responder a suas indagações. Mas sim o experimento vivenciado, o experimento que permite livre manipulação, o experimento desimpedido de formalidades, sem restrições impostas por algo que não seja o próprio limite da realidade. Mais tarde nos demos conta que se conseguíssemos manipular algumas variáveis físicas no experimento, conseguiríamos entender muito mais sobre o assunto. Por exemplo, se estamos discutindo sobre resistores e podemos construir o resistor que desejarmos, alterando seu desenho e comprimento e outras variáveis possíveis, teremos mais facilidade em aprender. É claro que esta investigação de variáveis vai levar-nos a outros questionamentos, e a entender mais sobre os resistores num processo que tem início, mas não tem final.

A atividade de investigação em Física caracteriza-se por deslocar o professor do centro do processo de aprendizagem e colocá-lo a trabalhar com o estudante no estudo das variáveis que envolvem os fenômenos físicos. Nesse tipo de trabalho o estudante tem a possibilidade de manipular, de forma controlada, as variáveis intervenientes, registrar, escrever e discutir com os colegas e professor suas observações. Tal método lhe proporciona, dependendo de sua vontade de questionar as verdades prontas, autonomia para analisar e criticar conceitos além de lhe dar solidez no conhecimento adquirido. Trabalhar com problemas (perguntas) em busca das respostas, ao invés de apresentar soluções (respostas prontas) e buscar o entendimento e capacidade de reprodução dessas respostas pelos alunos, parece a característica mais fundamental da atividade investigativa. Outra alteração, bem fundamental, é gerada sobre o processo de avaliação do desempenho dos alunos. Acho esclarecedor o excerto de uma mensagem enviada pelo professor Plínio Fasolo, da disciplina de Metodologia do Ensino de Física, da FAFIS/PUCRS ao grupo de estudantes que estava iniciando com essa nova metodologia :

[...] ressaltei a responsabilidade do professor quanto à avaliação dos alunos. Embora não realizando provas formais, os produtos aqui compartilhados, (no site do yahoo grupos) a observação das atitudes e participações em classe, a presença aos encontros e as contribuições de cada um às críticas que aperfeiçoam, que esclarecem as limitações das leis, dos conceitos, dos métodos e das técnicas adotadas nas descobertas de relações entre variáveis e na solução de problemas, são indicadores importantes para realizar o julgamento que define a aprovação ou a reprovação de um aluno. Comprometer-se com esse projeto não é fácil. **Representa submeter-se a mais uma inversão da didática tradicional. Nela a responsabilidade da aprendizagem é do professor e, ao aluno, cabe a responsabilidade do sucesso ou do insucesso na avaliação. Aqui a aprendizagem é uma conquista do aprendiz e a avaliação é competência do professor** (grifo do autor), (FASOLO, 2004).

Com este adendo acredito ter esclarecido um pouco mais o significado da atividade investigativa como método de ensino.

Até então uma atividade sobre resistores na qual o aluno pudesse trabalhar com mais iniciativa estava restrita a locais com recursos materiais e financeiros não disponíveis à grande maioria das escolas, dos professores e alunos. Esse problema atormentou e continua a atormentar muitos professores de Física, particularmente no meu caso, já que meu trabalho no Laboratório Especial de Física do MCT/PUCRS é justamente providenciar materiais, planejar e disponibilizar experimentos didáticos. Confessamos que muitas vezes a angústia tomava conta de minhas tardes de trabalho, pois não conseguia tomar o caminho, na experimentação, que passava a acreditar ser o mais indicado.

Nesta época surgiu a seleção para o Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS e nos deparamos, como todo mestrando, com a necessidade de definir a proposta de dissertação. Já vínhamos discutindo com nosso bom amigo, Prof. Dr. João Bernardes da Rocha Filho, o que poderia servir de idéia para a proposta e o mesmo, com toda a bondade e criatividade que lhe são características, sugeriu-nos criar atividades experimentais de caráter investigativo no estudo de resistores e capacitores, utilizando papel, lápis e multímetro. Passamos ao trabalho,

com o auxílio de dois alunos do Colégio Estadual Júlio de Castilhos, que fazem parte do projeto Atividades de Iniciação Científica do Laboratório Especial de Física do MCT, e conseguimos bons resultados. O que torna animador o trabalho, além dos resultados e o baixo custo do material pois utilizamos lápis tipo 6B, papel e multímetro é a liberdade que o estudante tem para poder escolher o caminho que melhor lhe surge para aprender.

Esta idéia nos é muito cara, pois permite ao aluno certa liberdade em criar os resistores e capacitores que desejar para seu estudo. Além de ser aplicável diretamente pelo professor em sala de aula, tornando estes encontros muito mais interessantes.

## 1. IMPORTÂNCIA E SIGNIFICADO DO ESTUDO

Temos observado, ao longo do tempo, que nós e vários colegas professores possuem uma forma de trabalhar que não oportuniza ao aluno muita participação e autonomia na sua própria aprendizagem. Ainda estamos com a mentalidade que nós, professores, somos os únicos responsáveis por este processo, pois ao trabalharmos em aula, o estudante é apenas um mero espectador, convidado a repetir e a pensar como o professor. No contexto atual de sala de aula o estudante é considerado um coadjuvante, um ator secundário, que não possui idéias próprias e que deve resignar-se à posição de mero aprendiz, que um dia poderá ser independente, embora os mecanismos que permitirão o alcance desta independência não sejam explicitados pelo sistema educacional, nem claros sequer para o professor.

Este nosso comportamento é compreensível, se levarmos em conta o tipo de professores que tivemos ao longo de nossas vidas, nossa infância com severas limitações de liberdade, em uma sociedade que vivia sob o signo do controle político e dos costumes rígidos.

Ao escrever estas linhas, surge-nos na tela mental uma gravura que existe em nosso colégio, onde o fundador da ordem religiosa à qual pertence a escola está ministrando aulas aos jovens. Esta cena, baseada na realidade do século XIX, retrata bem o contexto atual de muitas salas de aula do Brasil, e quem sabe do exterior, apresentando ambientes nos quais sugere-se o conhecimento está apenas na mão de uma pessoa, e onde as outras estão presentes como esponjas, a absorver o saber. Cabe aqui, evidentemente, olharmos os fatos com a visão da

época.

Pelo que sabemos através da história, a vida nos idos do século XIX não era muito fácil. A sociedade tradicional, ainda fortemente dominada pelos costumes religiosos, as limitações de recursos financeiros, o conhecimento científico reduzido e as poucas universidades disponíveis para formação de professores, faziam dos que se dedicassem ao magistério pessoas dignas, que mereciam o maior respeito. Estes mestres da época tinham preocupações mais emergenciais como, por exemplo, a falta de uma sala para suas aulas, um quadro e giz para escrever, livros, cadernos e outros materiais. Logo, não poderíamos esperar muito mais em uma situação com tantas limitações. O problema surgiu com o passar do tempo, pois os professores foram simplesmente copiando de seus mestres a metodologia do ensinar, o que manteve a sala de aula contemporânea como uma cópia da sala de aula do século XIX.

Dentro do contexto acima descrito, a importância do trabalho apresentado aqui está em convidar o professor a repensar sua atuação pedagógica, para que ele comece a ser sujeito ativo deste processo, ou seja, que passe da posição de copiar de metodologia para a de inovador. Com esta nova visão de trabalho do professor, cada aluno poderá sentir-se estimulado a aprender, ou seja, será instado a sair da posição de simples espectador, passando a criticar e modificar o que acontece ao seu redor.

Alguns poderão afirmar que o que propomos em nosso trabalho é mais uma técnica, que apenas irá fortalecer o papel de acomodação do professor, pois bastará aplicar e observar os resultados. Aos que assim pensam, gostaríamos de esclarecer que nossa proposta de dissertação de mestrado possui caráter investigativo, usando materiais de baixo custo, utilizando uma técnica aberta que permite ao professor

criar sua própria metodologia. Isto significa que ele não vai apenas aplicar um roteiro pronto, que não permite muitos questionamentos, mas vai utilizar-se de uma sugestão de atividade através da qual poderá trazer aos alunos mais liberdade de investigação, questionamento dos resultados, e será uma referência para desenvolvimentos que o próprio professor poderá realizar. Através dessa proposta pode ser possível ao professor ter uma idéia de como produzir, em seu contexto, atividades de investigação em Física. Isso pode transformar algumas salas de aula, que atualmente se caracterizam por certa desordem e apatia, em um ambiente de criação e alegria; certamente que tal objetivo não será conseguido de imediato, mas com muito trabalho e perseverança na idéia abraçada.

## 2. CONTEXTO EM QUE FOI CONDUZIDA A PESQUISA

O trabalho com as atividades de investigação foi realizado no Laboratório Especial de Física do NAECIM/MCT, onde trabalhamos às tardes. O NAECIM - Núcleo de Apoio à Educação em Ciências e Matemática é um setor do MCT - Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS - e tem por objetivo a formação continuada de professores em Ciências e Matemática; esta formação se dá através de oficinas pedagógicas semestrais. O setor possui quatro laboratórios especiais destinados à pesquisa em Educação: Laboratório Especial de Matemática, Laboratório Especial de Biologia, Laboratório Especial de Química e Laboratório Especial de Física. Este último é onde desenvolvemos nosso trabalho, voltado ao ensino de Física, em conjunto com estudantes e professores, realizando atividades de investigação relacionadas à pesquisa.

Acreditamos que seja interessante conhecermos um pouco do NAECIM, então segue abaixo uma breve apresentação.

Desde 1985 professores vinculados à Faculdade de Educação, Química, Física, Biociências, Matemática e Museu de Ciências e Tecnologia, vêm desenvolvendo atividades junto aos professores de Ciências e Matemática das escolas estaduais, municipais e particulares, no sentido de contribuir com a melhoria do ensino nessas áreas.

As ações com professores de Ciências e Matemática iniciaram-se com os projetos apoiados pelo PADCT – Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia - através do SPEC – Subprograma Educação para a Ciência - subordinado à Coordenação de Aperfeiçoamento ao Pessoal de Ensino Superior – CAPES - órgão do Ministério de Educação e Cultura. A partir de 1988 o grupo da



PUCRS engajou-se na REDE ACOMECIM – Ação Conjunta para a Melhoria de Ensino de Ciências e Matemática no Rio Grande do Sul - e o coordenou por certo tempo. A Rede ACOMECIM reunia dez instituições de ensino superior, além do Centro de Ciências do Rio Grande do Sul.

Integrando todas as ações com professores de Ciências e Matemática, como cursos, oficinas pedagógicas, eventos, pesquisas e atividades extraclasse, foi criado o NAECIM – Núcleo de Apoio à Educação em Ciências e Matemática da PUCRS - e o NAECIM INFORMA, um informativo semestral para divulgar essas atividades.

O NAECIM espera assim, estar contribuindo com o avanço da Ciência e Tecnologia por meio de ações envolvendo professores da rede escolar em nível fundamental e médio.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Geral**

Desenvolver, avaliar e divulgar atividades experimentais de caráter investigativo, com material de baixo custo, que permitam a reconstrução dos conceitos de capacitância, resistência elétrica e suas associações, e possam ser aplicadas por professores de Física do Ensino Médio, em suas tarefas docentes.

#### **Específicos**

- Criar atividades experimentais de caráter investigativo, com material de baixo custo, que permitam a reconstrução dos conceitos de capacitância, resistência elétrica e associações de capacitores e resistores por professores de Física do Ensino Médio;
- preparar e oferecer uma oficina destinada a divulgar as atividades entre professores interessados;
- avaliar preliminarmente a eficácia dessas atividades, em termos de aprendizagem, a partir de declarações de professores;
- escrever artigos de divulgação e enviá-los para publicação, visando ampliar a abrangência da disseminação dos resultados da pesquisa.

#### **4. PROBLEMA**

**Como preparar, aplicar, avaliar e disseminar atividades experimentais de caráter investigativo, com material de baixo custo, que permitam a reconstrução de conceitos sobre capacitância, resistência elétrica e suas aplicações na Física do Ensino Médio?**

## **5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **5.1 Experimentação**

A maioria dos professores de Física sabe que a experimentação desperta grande interesse entre alunos dos diversos graus de escolaridade. Em suas falas os alunos referenciam que a experimentação tem caráter motivador e lúdico, fortemente ligado aos sentidos. Entretanto, é comum ouvir de professores a assertiva que a experimentação facilita a aprendizagem, pois funciona como agente motivador e amplia o envolvimento dos alunos nos temas em discussão.

Aristóteles já defendia a experiência, há mais de 2000 anos, quando dizia que "quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento" (ARISTÓTELES, 1979). Em sua época já se percebia o caráter particular da experiência e sua característica com o fato, como meio para se atingir o conhecimento. Conhecer o fenômeno sem a experiência retoma, em certa medida, o assunto de se discutir as causas sem que se tome contato com os fenômenos empíricos, o que significa ignorar o particular e correr o risco de formular explicações equivocadas. Aqueles que se propuseram exercitar o entendimento dos fenômenos naturais na Idade Média impregnaram-se do pensamento aristotélico vigente à época. Alicerçado na lógica, instrumento já conhecido dos gregos, o exercício do pensamento desenvolvia-se principalmente num plano além da concretude do mundo físico. Os

sentidos elementares do homem garantiam acesso ao plano dos fenômenos, que orientavam seu pensamento através de uma relação natural com o fenômeno particular. Como não existiam equipamentos de medição acurada na época, a observação - num plano empírico - era o principal mediador entre o pensador e o fenômeno.

Após 2000 anos, e ressalvadas as peculiaridades do contexto a que se aplica a fala de Aristóteles, pode-se observar que muitas propostas de ensino de ciências ainda desafiam a contribuição dos empiristas para chegar ao conhecimento, ignorando a experimentação, ainda como uma espécie de observação natural, como um dos eixos estruturadores das práticas escolares. A busca pelo conhecimento científico mostra-se dependente de uma abordagem experimental, não tanto pelos fenômenos naturais, mas basicamente porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação. Aqueles que pensam e fazem o Ensino de Ciências tomam a experimentação como parte de um processo pleno de investigação e uma necessidade, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve-se dar preferencialmente no desenvolvimento de atividades investigativas.

As atividades de laboratório no ensino de ciências não são uma proposta recente. Os currículos escolares de ciências do século XIX já incorporavam estas atividades, em nível nacional, em alguns países, como Estados Unidos e Inglaterra (BARBERÁ e VALDÉS, 1996). Desse momento em diante são muitos os pesquisadores que defendem o desenvolvimento de atividades de laboratório como auxiliar importante para ensinar ciências. Todavia, o papel ocupado por estas atividades nos currículos de Ciências permanece objeto de discussão e de debate. No início do século XIX o principal mote do trabalho prático no laboratório era o de

confirmar uma teoria que já havia sido ensinada e estas atividades eram desenvolvidas dentro de uma perspectiva demonstrativa. No alvorecer do século XX, o foco não havia mudado, apesar das atividades práticas serem separadas das demonstrações do professor (LAZAROWITZ e TAMIR, 1997).

O fracasso do modelo de ensino centrado no professor, destacando os conteúdos da ciência, levou ao surgimento da defesa de um ensino centrado no aluno e nos processos de aprendizagem, tendo sua consolidação nos projetos de inovação curricular da década de 60 (PSSC, BSCS, CEMS e vários cursos da Nuffield Foundation) de países da Europa e nos Estados Unidos. Com esses projetos a abordagem da Ciência passa de um corpo de conhecimentos estático para uma atividade humana, destacando de forma gradual a experimentação através da utilização dos processos e procedimentos científicos. O objetivo era que os estudantes gostassem da Ciência, adquirissem certa noção da atividade dos cientistas e fossem encorajados a prosseguir o estudo da Ciência em nível mais avançado. Todavia, os resultados esperados não se confirmaram (HODSON, 1988). A busca na literatura realizada por LAZAROWITZ e TAMIR (1997) apresentou fracas evidências de que as atividades de laboratório promovessem uma melhor aprendizagem de ciências. Alguns pesquisadores chegaram a sugerir que elas fossem banidas do currículo.

Mesmo não sendo claro o papel das atividades de laboratório, quando da oportunidade de propor recomendações para o ensino de Ciências, os autores de propostas curriculares e pesquisadores em ensino de ciências recomendam como parte integrante do currículo de ciências a utilização de atividades de laboratório, como, por exemplo, em: MILLAR e OSBORNE (1998); AAAS (1990); MEC/SEF (1998); MEC/SEF (1999); Proposta Curricular de Ciências para o Ensino

Fundamental e de Física para o Ensino Médio em Minas Gerais (1998). Utilizando critérios pedagógicos tais como os objetivos da atividade, a maneira como a mesma está organizada, se é adequada ao tempo e à unidade de trabalho, entre outras, o professor decide se usa ou não uma determinada atividade de laboratório. A qualificação da atividade é normalmente realizada a partir das orientações contidas no roteiro da atividade. Porém, BORGES (1997), argumenta que não é normal haver discussões e explicações dos objetivos desta forma de aprendizagem na maioria das escolas com tradição de ensino experimental pois, via de regra, os professores trabalham com objetivos de ensino implícitos e os estudantes não se dão conta de outros propósitos para as atividades práticas, além daqueles de verificar e comprovar fatos e leis científicas.

Afinal, como realmente se faz a educação científica em muitas escolas?

Normalmente os professores dos primeiros níveis do Ensino Fundamental possuem razoável formação acadêmica, porém a formação científica é deficitária. Os professores reconhecem não dominar razoavelmente os conteúdos científicos e manifestam insegurança frente aos possíveis questionamentos dos alunos. As aulas são expositivas, com raras atividades práticas, demonstrações, experimentações e estudos do meio, pois muitas vezes a Escola não dispõe de recursos materiais e humanos apresentando ainda dificuldades em relação a mudanças pedagógicas, reforçando essa prática nas aulas de Ciências. Nesse quadro, as aulas de Ciências (e a educação científica) enfatizam e valorizam a transmissão de informações apenas com os conteúdos previstos nos livros didáticos, muitas vezes com conceitos e definições desvinculados da realidade dos alunos. Pensar no ensino baseado apenas na transmissão do conhecimento proporciona o afastamento entre os

verdadeiros objetivos da educação científica e os objetivos alcançados pela Escola, além de contribuir para que os alunos tenham aversão à Ciência.

Verificamos que, em muitos casos, existe um abismo entre o que os professores acham que deveria ser a educação científica e o que realmente é praticado em algumas escolas brasileiras. As atividades práticas não envolvem apenas trabalhos de laboratório, mas também o uso de demonstrações feitas pelo professor, filmes, vídeos, CD-ROM e outros recursos da informática e da tecnologia de comunicação e de informação, estudo de casos, dramatizações, confecção de modelos. Todos esses recursos podem ser classificados como recursos práticos, no sentido de que exigem envolvimento do estudante. As potencialidades das atividades com experimentações vão além da abordagem conceitual, podem ser ampliadas para se trabalhar com procedimentos, valores e atitudes. Coletar dados, testar hipóteses, desenvolver habilidades básicas em observação e medição, familiarizar-se com a aparelhagem de um laboratório, criar conflitos com idéias intuitivas dos alunos e o conhecimento científico, como uma aplicação prática das ciências, desenvolver senso de organização, desenvolver formas racionais e claras de registros, são algumas dessas potencialidades.

A função e a importância da experimentação na Ciência levam a três tipos básicos de abordagens:

**Epistemológica:** a experimentação serve para comprovar uma teoria, demonstrar um fenômeno, ilustrar princípios teóricos.

**Cognitiva:** as atividades experimentais podem facilitar a compreensão do conteúdo.



**Motivacional:** os experimentos ajudam a despertar a curiosidade e o interesse pelo estudo nos alunos.

Passamos a discutir essas abordagens.

**Epistemológica:** As atividades conduzidas com esse viés reforçam a imagem popular da Ciência, segundo a qual o conhecimento científico é descoberto nos laboratórios através de experimentos que o validam, conferindo assim à experimentação o status de fonte e juiz das teorias inventadas pelos cientistas (Sérgio M. Arruda e Carlos Eduardo Laburú in *Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências – Questões atuais no ensino de Ciências – Roberto Nardi – organizador*). Na metodologia que privilegia a construção do conhecimento científico, e não apenas a transmissão do conhecimento, a abordagem epistemológica é adequada apenas em alguns momentos da aprendizagem científica.

**Cognitiva:** No momento de elaborarmos um experimento podemos levar em conta o conhecimento prévio dos alunos; esse conhecimento, mesmo que intuitivo e baseado no senso comum, pode ser usado como fonte de partida para a construção de novos conhecimentos. Com esta abordagem, o papel do professor é extremamente importante, pois deverá criar situações que tragam argumentos sólidos para contrapor-se as idéias não científicas dos alunos e descobrir situações nas quais as teorias dos alunos não sejam aplicáveis. É claro que para isso acontecer o diálogo deve nortear a relação estudante/professor. Faz-se necessária a reflexão durante toda a atividade prática, para que os estudantes possam ir além dos conhecimentos prévios, superando aqueles intuitivos e baseados no senso

comum, além de o experimento não se transformar apenas em um simples processo de memorização.

**Motivacional:** A maioria dos estudantes do primeiro e segundo ciclos do Ensino Fundamental apresenta uma postura investigativa diante do mundo e da vida; o professor atento a este detalhe deve usar este fator como aliado para facilitar a construção do conhecimento científico e desmistificar a visão mágica da Ciência, tão comum entre as pessoas leigas. Cabe destacar que o uso de atividades práticas e experimentações privilegia o processo de aprendizagem em detrimento dos conteúdos programáticos. A educação científica não se faz apenas com conceitos, mas também com procedimentos, tendo em vista que a reflexão, o levantamento de hipóteses e a criação de modelos para explicar um conceito, tornam-se tão importantes quanto os conceitos científicos aprendidos.

Se a experimentação tem uma participação nos procedimentos que geram o saber científico, conhecer ciência deve também supor algum grau de compreensão dessa participação. A experimentação tem ocupado há vários anos lugar de destaque no ensino escolar; tal fato não se deve à preocupação que a escola tenha em mostrar como a Ciência é produzida, tampouco pela realização de grande quantidade de atividades experimentais, na maioria das escolas, e sim pelo imaginário de alunos que gostariam de ir para o laboratório, e de professores que vêem a atividade prática como solução para os problemas de ensino; igualmente os projetos de ensino e os planos curriculares têm dado destaque à experimentação. Porém, quando diferentes tendências pedagógicas e aportes teóricos diferenciados sobre o entendimento do que é Ciência preponderaram no discurso dos educadores, as justificativas para o uso escolar da experimentação têm sofrido grande variação.

Também devemos destacar alguns fatores que favorecem a não realização de atividades práticas nas escolas, tais como: a falta de recursos por parte da escola e a falta de tempo do professor para pensar e organizar as atividades. Nos cursos de formação docente podemos citar também o trabalho com concepções e o ensino de procedimentos para realização de atividades práticas que não parecem ser satisfatórias. Pelo exposto anteriormente podemos ver que a atividade prática no Ensino de Ciências ocupa papel de destaque, e sua função também é modificar a forma de ver e agir do estudante em relação ao mundo que o rodeia, além de levá-lo a ampliar seus conhecimentos sobre os fenômenos naturais. Para que isto aconteça, como defende Pedro Demo, talvez seja interessante que o experimento procure transcender a simples manipulação de materiais, oportunizando ao estudante refletir, fazer relatos, discutir e propor explicações para as causas do fenômeno em estudo, o que elevará o estudante à condição de sujeito do processo de aprender. Entendemos que se o professor conhecer com mais profundidade o desenvolvimento da atividade experimental poderá entender melhor as propostas de trabalho. Acreditamos que uma atividade experimental de caráter investigativo precisa ser planejada de maneira a conter estágios que possam despertar os processos descritos acima. Com esse viés, passamos a analisar uma sugestão de seqüência de etapas, não sendo esta seqüência uma receita pronta, mas apenas uma ilustração de um procedimento que funcionou bem.

**Problematização:** Como o próprio nome já sugere, devemos partir de um problema que tem o papel de motivar, oportunizar a discussão, gerar questionamentos e hipóteses. A estratégia dos problemas é útil, pois permite relacionar os conhecimentos prévios dos estudantes com o conteúdo formal, porém tal estratégia será mais eficaz se pautada no cotidiano e na vivência dos jovens. Como os jovens

trazem para a escola explicações para os fenômenos naturais, construídos com sua lógica, e que por isso os satisfazem no entendimento, é importante atentarmos para o fato de que os problemas sobre os fenômenos naturais podem chegar aparentemente “resolvidos” em sala de aula.

Cabe ao professor desestabilizar esses conhecimentos prévios criando situações que levem o estudante a perceber que as explicações que já possui não são suficientes. Para tanto, faz-se necessário trazer um novo problema cuja solução irá implicar na retomada das explicações anteriores, na constatação de sua inadequação e na coleta de novas informações. Apesar de a problematização procurar promover mudanças conceituais, nem sempre elas ocorrem. Com a discussão do problema irão surgir hipóteses. Para o levantamento de hipóteses o professor pode propor perguntas relacionadas ao problema, e as perguntas podem ser discutidas por toda a turma, por duplas ou em pequenos grupos, e as respostas (hipóteses) deverão ser discutidas e registradas para que, após a observação experimental, possam ser revistas. Neste momento é importante que os estudantes apresentem suas idéias, e as defendam, sem que o professor intervenha quanto ao fato da idéia parecer certa ou errada do ponto de vista formal. O essencial é que pratiquem a construção de argumentos.

**Ação sobre os objetos:** Esta etapa serve para a interação entre os estudantes e os objetos que fornecerão os efeitos sob investigação, para a partir daí produzir as hipóteses. Na forma de grupos poderão reunir-se em torno do material experimental, que deverá ser disposto de forma acessível a todos, devem ter livre trânsito para manipular os materiais expostos. Devem registrar as observações realizadas. O professor observa os grupos verificando se todos estão tendo a oportunidade de interagir com o material para observar como eles reagem. Nesta etapa o professor

deve solicitar aos estudantes que relatem o que estão realizando, certificando-se de que entenderam e conseguiram resolver o problema, levando-os a refazer mentalmente suas ações e verbalizá-las.

**Discussão dos resultados:** Após a investigação, o professor deve recolher o material para evitar dispersão dos alunos, já que a etapa seguinte será a discussão dos dados coletados e conclusões. Esta atividade pode ser realizada de forma coletiva, em círculo ou semicírculo, e iniciar o debate solicitando que relatem como fizeram para resolver o problema, utilizando os registros produzidos durante a observação. Insistir nas explicações das causas perguntando “Por quê?”, “Como vocês fizeram?”, “Por que aconteceu assim?”, entre outras. Como em cada contexto surgirão formas diferentes de explicação, nem todos os jovens darão a mesma explicação. Na seqüência, promover uma discussão das hipóteses iniciais à luz dos novos conhecimentos, pode ser útil para que ocorra uma revisão das idéias e alcance de conclusões finais, de acordo com a atividade realizada, para que os novos conhecimentos sejam internalizados.

**Comunicação da experiência:** Esta etapa é o momento de finalizar o trabalho ou sistematizar os resultados. É importante que o professor solicite registro final, na forma de textos, relatórios ou desenhos, entre outros.

**Avaliação:** A avaliação da atividade prática deve ser continuada, ou seja, deve acompanhar toda a produção do estudante. Inicia nas discussões preliminares, que demonstram a compreensão do problema, e passa pelo seu desempenho durante os procedimentos de observação, chegando à análise de como foram feitas as revisões dos conhecimentos iniciais e elaborados os novos conhecimentos. O trabalho cooperativo não pode ser deixado de lado na avaliação, como a capacidade dos estudantes para ouvir e considerar o que os colegas argumentam, bem como com o

crescimento da capacidade de crítica e autonomia. Não devemos perder de vista que a avaliação é um ato que envolve ambas as partes, tanto professor quanto aluno.

Num artigo de revisão, Barberá e Valdés (1996) referindo-se a mais de 100 artigos sobre o trabalho prático em diferentes níveis educacionais, destacam não encontrarem argumentos fortes que justifiquem o investimento humano e material nessa ferramenta educacional chamada experimentação, o que não implica que os autores do artigo neguem o papel de destaque do trabalho prático na educação em ciências e sim, atribuam as dificuldades à complexidade do assunto, à não clareza do termo “prática” e às metodologias inadequadas para avaliar sua eficácia. E os autores concluem que:

[...] se precisa muito mais e melhor investigação sobre esse tema, que é considerado crucial para todos que estamos comprometidos de uma forma ou de outra em transmitir às novas gerações a herança cultural que chamamos ciências (BARBERÁ e VALDÉS, 1996, p.376).

Acreditamos nessa conclusão, no que se refere à validade da experimentação na difusão do saber científico, mesmo sabendo que normalmente essa difusão representará, para os que a ela têm acesso, não a ruptura com o senso comum, mas a instauração de processos de continuidade com idéias primeiras, processos esses que irão ensejar a ampliação de significados, incluindo os que remetem a conceitos da ciência, e de valores científicos; de outra forma, acreditamos que a experimentação é uma atividade com potencial para tornar cada vez mais inteligíveis os diferentes aspectos da instituição científica, e suas conseqüências em nossa sociedade, para um número cada vez maior de indivíduos. Também acreditamos nos autores no que se refere à necessidade de mais investigações sobre o tema, e acreditamos que uma questão a ser discutida é a natureza dessas investigações. No

tocante à ambigüidade do termo “prática”, apontada por Barberá e Valdés, supomos que ela é intrínseca à natureza da atividade, que sempre é proposta como parte de determinado planejamento educacional, o qual, por sua vez, se subordina a concepções de Ensino e Ciência que não são estáticas. Sob esse viés, a ambigüidade perderá força à medida que essas concepções e o planejamento global forem sendo explicitados.

Atividades de investigação, por outro lado, podem ser implementadas independentemente da utilização de novas tecnologias. Em sala de aula os professores podem utilizar materiais do cotidiano para simular situações de aprendizado baseadas em investigações. Para isso é necessário que eles ajam de acordo com uma postura mais investigativa, não podendo, assim, antecipar percepções e resultados, buscando sempre motivar os estudantes.

## **5.2 Considerações sobre a técnica dos resistores e capacitores**

Os conteúdos de eletricidade do Ensino Médio, especificamente os conceitos de resistência e capacitância elétrica, e a operacionalização dos cálculos de resistência e capacitância equivalentes em associações de resistores e capacitores, não constituem obstáculos severos aos estudantes na medida em que as habilidades envolvidas são relativamente simples, incluindo a aplicação direta de equações. Os pré-requisitos matemáticos desses conteúdos se resumem a, no máximo, operações algébricas fracionárias, normalmente bem assimiladas nessa altura do processo educativo, o que pode resultar em uma aprendizagem centrada na descrição matemática, sem que ocorra a apropriação da fenomenologia correspondente. Assim, a experimentação com ênfase em aspectos qualitativos dos

fenômenos resistência e capacitância elétrica podem representar uma oportunidade única para que ocorra a aprendizagem. Em reforço a essa tese Padilla afirma:

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 (PADILLA, 1988, p.165).

Um recurso que pode ser utilizado por professores para reduzir a possível perda de correlação entre o conhecimento teórico e o aplicado são as atividades experimentais de cunho qualitativo nas quais o aluno pode verificar a dependência entre as variáveis resistência, resistividade, comprimento e área da superfície da seção reta dos condutores, bem como área da superfície, tipo de dielétrico, distância entre as placas e espessura do filme de carbono depositado para formar as placas de um capacitor. Em casos como estes o professor pode conduzir suas aulas práticas de uma forma tal que leve a uma visão mais abrangente sobre associação de resistores e capacitores, em detrimento da dependência entre resistência e dimensões do condutor, ou capacitância e suas grandezas associadas, por razões de ordem prática. De fato, a facilidade com que se podem realizar as investigações simplesmente empregando multímetros, resistores e capacitores encontrados em estabelecimentos de eletrônica de todo o país, bem como na sucata de aparelhos eletrônicos, e também a dificuldade inerente em criar-se atividades experimentais, viáveis economicamente, que permitam estudar a relação entre as variáveis constitutivas de um resistor ou capacitor, podem ser argumentos a favor da utilização de componentes comerciais. Mas veremos que a elaboração experimental destes componentes traz benefícios que superam as dificuldades operacionais.

Há dois motivos principais para isso, quais sejam:



- a) Dificilmente consegue-se desenvolver experimentos que estabeleçam a dependência entre resistência, capacitância elétrica e as dimensões dos respectivos componentes, a partir de resistores e capacitores que encontramos em lojas de eletrônica, pois a alteração de suas grandezas dimensionais não é algo de fácil execução, e tampouco é simples manipulá-las em condutores metálicos ou capacitores, apesar de a investigação ser possível com os respectivos componentes que encontramos no comércio, e;
- b) a idéia de podermos criar atividades experimentais que permitam ao aluno desenhar os resistores e capacitores conforme suas interrogações e motivos, e que ainda permitam realizar medições sobre resistência, capacitância elétrica e suas associações, pode ser uma técnica útil para auxiliar as práticas pedagógicas de caráter investigativo, suprimindo uma lacuna no aprendizado do aluno. Esta oportunidade única de criar, medir e associar elementos que normalmente seriam estudados apenas teoricamente, ou seriam manipulados como caixas pretas, tem um forte potencial para despertar o interesse onde antes só havia tédio.

O trabalho realizado nesta dissertação aponta para um enfoque metodológico que permite a professores de Física do Ensino Médio, e seus alunos, a possibilidade de investigar a associação de resistores e capacitores, bem como as variáveis que regem estes dois conceitos apenas lançando mão de papel, cartolina, lápis, garrafas de PET, copos descartáveis e multímetros de baixo custo, que podem ser encontrados em lojas de eletrônica, ferragens e até supermercados mais sofisticados. Ainda que a economia advinda desta técnica possa não ser significativa em relação à utilização de resistores e capacitores comerciais, devido ao baixo custo destes componentes, ela pode ser utilizada simultaneamente com a anterior, nos

casos onde o professor já disponha dos resistores e capacitores comerciais, por apresentar três vantagens:

- a) tem uma grande capacidade de estimular os alunos e auxiliá-los na aprendizagem, devido à possibilidade de os mesmos poderem investigar suas concepções sobre resistores, capacitores e suas associações;
- b) é possível fazer medições de resistência e capacitância elétrica com manipulação das variáveis dimensionais, que normalmente não são trabalhadas de forma experimental no Ensino Médio, possibilitando o entendimento da relação entre a resistência elétrica, a forma do condutor, as dimensões do capacitor, o tipo de dielétrico, e sua capacitância;
- c) facilita movimentos interdisciplinares entre a Física e a Química, já que a espessura da camada de grafite sobre o papel é da ordem de  $10^{-9}$  m, ou seja, por uma camada pequena de átomos, o que permite o estudo de raios atômicos, por exemplo.

Desta forma, o método de estudar resistores e capacitores com papel, lápis, garrafas de PET e copos descartáveis, foi concebido com o intuito de auxiliar na atividade de investigação dos alunos, utilizando-se de uma técnica eficaz e econômica que ajuda a responder várias indagações, que por sua vez levam o aluno a reconstruir os conceitos de resistência, capacitância elétrica e associações de resistores e capacitores.

### **5.3 Resistores**

Pode-se constatar experimentalmente que condutores diferentes submetidos a mesma diferença de potencial, geram correntes elétricas diferentes. Podemos

pensar que os condutores percorridos por correntes elétricas com menor intensidade apresentam maior resistência aos portadores de carga elétrica, ao passo que aqueles percorridos por correntes elétricas de maior intensidade apresentam menor resistência. Desta forma, define-se a resistência elétrica (R) de um condutor pela eq.

1

$$R = \frac{V}{i} \quad (\text{eq. 1})$$

onde  $v$  é a diferença de potencial nas extremidades do condutor e  $i$  é a intensidade da corrente elétrica que atravessa o mesmo. A unidade de resistência elétrica no SI resulta da razão volt/ampère e recebe o nome de ohm ( $\Omega$ ) em homenagem a Georg Simon Ohm, físico alemão.

A palavra resistência não é a mais adequada para expressarmos a dificuldade que existe para estabelecer-se a corrente elétrica, pois leva a uma falsa idéia de atrito que não tem significado a nível microscópico e não destaca um dos principais fatores determinantes da intensidade de corrente elétrica, que é o número de portadores de carga. O valor da resistência elétrica (R) de qualquer condutor não é constante mas varia com a intensidade da corrente elétrica que nele se estabelece. Entretanto, esse valor pode ser considerado, em muitos casos, constante dentro de certos intervalos de variação da intensidade de corrente elétrica. Nesta situação, a diferença de potencial (V) nas extremidades do condutor é diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica (i) que o atravessa, sendo o valor da resistência a constante de proporcionalidade. Desta forma, utilizando a definição de resistência elétrica, podemos escrever:

$$V = R.i \quad (\text{eq. 2})$$

A eq. 2 é conhecida como Lei de Ohm. Quando um condutor obedece à Lei

de Ohm, ou seja, quando a sua resistência elétrica é constante, ele é chamado de resistor ôhmico. Um resistor só pode ser considerado ôhmico dentro de certos limites de intensidade de corrente elétrica a que é submetido. A resistividade tem um papel importante no valor da intensidade de corrente elétrica. Chamamos de resistividade ( $\rho$ ) a grandeza física, característica de cada substância, que indica a dificuldade à passagem da corrente elétrica. Para um cilindro regular mostrado na fig. 1, a resistência elétrica entre as faces de área  $A$  é dada pela eq. 3.

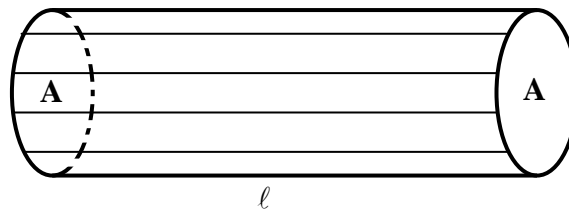


Figura 1: volume cilíndrico com área de seção reta  $A$ , composto de material com resistividade  $\rho$ .

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (\text{eq. 3})$$

onde:

resistência elétrica ( $R$ ), entre as faces de área  $A$ , dada em  $\Omega$ ;

resistividade do material ( $\rho$ ), do volume cilíndrico, dada em  $\Omega \cdot \text{m}$ ;

área de seção reta ( $A$ ), da amostra cilíndrica, dada em  $\text{m}^2$ ;

comprimento ( $\ell$ ), da amostra cilíndrica, dado em  $\text{m}$ .

Os materiais apresentam uma peculiaridade natural que é a resistividade elétrica, e são reunidos em três grandes grupos de acordo com seu valor. Os condutores, os semicondutores e os isolantes, com exemplos e números mostrados na tabela abaixo (VAN VLACK, 1988).

Tabela 1: grupos de materiais segundo suas resistividades.

Denominação do Grupo	Faixas aproximadas de Resistividades ( $\Omega.m$ )	Exemplos de Materiais do Grupo
<b>Condutores</b>	abaixo de $10^{-3}$	todos os metais e a grafita
<b>Semicondutores</b>	entre $10^{-3}$ e $10^6$	boro, silício, germânio, selênio, óxido de zinco
<b>Isolantes</b>	acima de $10^6$	diamante, parafina, mica, porcelana, quartzo

A disponibilidade de elétrons livres à temperatura ambiente, nos isolantes, é pequena, ao passo que é grande nos condutores. Aliás, esta é a característica que diferencia, os condutores, semicondutores e isolantes. Os chamados elétrons livres, assim designados por possuírem energia superior aos da banda de valência, e por não terem relação direta com nenhum átomo, são portadores de carga e ocupam a chamada banda de condução. Porém devemos mencionar que a condução elétrica não é explicada apenas em termos de elétrons livres, como é o caso das soluções eletrolíticas.

Sempre que dois metais diferentes são imersos num eletrólito, solução líquida que se dissocia em íons, obtemos um gerador químico. A explicação mais adequada dos processos desenvolvidos nesse sistema só pode ser dada num curso de química, mas é possível entender como esse conjunto funciona numa abordagem menos aprofundada. Para isso, vamos considerar dois geradores químicos mais simples e eficientes: uma placa de cobre e outra de zinco imersas numa solução diluída de ácido sulfúrico, como podemos ver na figura a seguir.

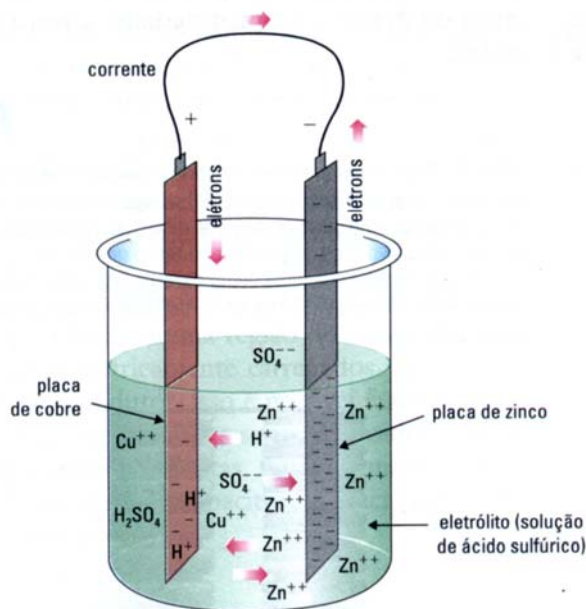


Figura 2: Pilha simples com uma placa de cobre e outra de zinco imersas em uma solução de ácido sulfúrico.

(GASPAR, Alberto. **Física – Eletromagnetismo e Física Moderna**, ed. Ática, vol. 3, 448 páginas.)

Cada molécula de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) em água decompõe-se em dois íons  $\text{H}^+$  e um íon  $\text{SO}_4^{2-}$ . Por sua vez, essa solução ácida desloca íons  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$  da estrutura cristalina das placas de cobre e zinco. Como o zinco é mais solúvel do que o cobre, passa para a solução uma quantidade muito maior de íons  $\text{Zn}^{2+}$  do que íons  $\text{Cu}^{2+}$ . Então a placa de zinco se torna “mais negativa” do que a de cobre, ou seja, ela terá uma quantidade muito maior de elétrons livres em excesso do que a de cobre. Se ambos forem ligados por um fio condutor, os elétrons livres de placa de zinco fluem para a placa de cobre, estabelecendo-se uma corrente elétrica entre elas. Esse processo é lento, o que permite a utilização da corrente elétrica durante um tempo razoavelmente longo, até que os reagentes, como a própria placa de zinco, se extingam.

A temperatura exerce papel importante na resistividade, pois se por um lado o seu aumento disponibiliza mais elétrons livres na rede cristalina, por outro a agitação térmica da rede influencia negativamente a movimentação dos portadores de carga, aumentando a resistividade. É fácil deduzir que da relação entre estas duas

variáveis teremos o comportamento da resistividade térmica final do material em análise.

A característica térmica final sofre alterações dependendo do grupo a que pertence o material. O aquecimento pouco aumenta a densidade de elétrons livres nos materiais condutores, mas a perturbação térmica gerada na rede cristalina traz prejuízos, por pequenos que sejam, à movimentação dos portadores de cargas. Da combinação destes dois fenômenos temos pequeno aumento da resistividade do metal, peculiaridade que se altera de metal para metal, mas que é influenciada pela temperatura. Um aspecto positivo do comportamento térmico da resistividade é sua utilização em resistências de aquecedores por irradiação direta, e em filamentos de lâmpadas incandescentes, devido às perdas por Efeito Joule, entretanto este efeito é nocivo em linhas de transmissão de energia, onde as perdas por aquecimento são indesejáveis.

Apesar de o grafite ser considerado um condutor o entendimento do comportamento da sua resistência elétrica com a variação da temperatura deve ser buscado também no comportamento dos semicondutores, já que o grafite está na linha divisória entre condutores e semicondutores. A condução da corrente elétrica nos semicondutores está associada aos portadores de carga, cuja concentração depende da temperatura. Quando a temperatura aumenta, a agitação térmica dos átomos na rede cristalina faz com que as ligações covalentes se rompam, disponibilizando um maior número de elétrons livres para a condução e deixando atrás de si um número igual de lacunas. Alguns elétrons de valência podem deslocar-se e ocupar estas lacunas, deixando abertas por sua vez outras lacunas. As lacunas comportam-se assim como portadores de carga positiva que se deslocam ao longo do semicondutor (em sentido contrário aos elétrons), contribuindo

em igual proporção para a intensidade de corrente total. De fato, cada elétron que é excitado da banda de valência contribui duplamente para a condução, com um par elétron - lacuna. Num semiconductor puro a densidade de portadores de cargas livres aumenta com a temperatura, no caso específico do grafite a condução elétrica no sentido paralelo (laminar) e de 100 vezes maior do que no sentido perpendicular (entre lâminas). A fig. 3 pode auxiliar no entendimento. Enquanto a resistividade entre camadas é relativamente alta, aproximando o grafite dos semicondutores, no plano das camadas a resistividade é baixa, aproximando-o do comportamento metálico. Assim, não é possível compreender a dependência térmica da resistividade do grafite apenas considerando-o como um condutor ou um semiconductor, mas sim um híbrido, com propriedades distintas. O diamante, apesar de ser composto por carbono, não apresenta a propriedade de condução elétrica em grau comparável ao grafite pois sua estrutura molecular tetraédrica dificulta o deslocamento dos portadores de carga, conforme mostra a fig. 4.

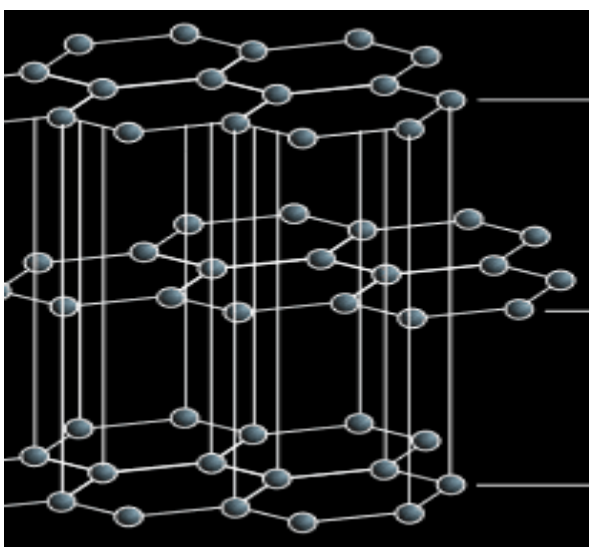


Figura 3: estrutura do grafite.

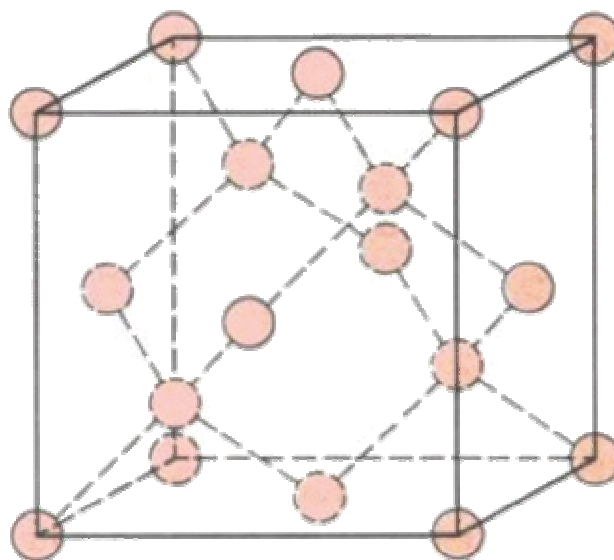


Figura 4: estrutura do diamante.



A característica de redução da resistividade com o aumento da temperatura é algo útil no caso dos semicondutores, já que possibilita aos materiais deste grupo serem utilizados na confecção de sensores de boa sensibilidade, particularmente nos casos de termômetros e alarmes de incêndio, que operam próximos à temperatura ambiente. Por outro lado, a vantagem relacionada à temperatura transforma-se em empecilho quando a mesma eleva-se muito, pois pode danificar dispositivos semicondutores, como os circuitos integrados, o que obriga a instalação de sistema de arrefecimento.

Basicamente podemos associar resistores, formando circuitos com características específicas, para atender aos seguintes fins:

- a) Conseguir resistor equivalente maior que os resistores que compõem a associação, quando ligados em série. Por exemplo, se queremos um resistor equivalente no valor de  $10\text{k}\Omega$  e só dispomos de 10 resistores de  $1000\Omega$ ;
- b) Conseguir resistor equivalente menor que os resistores que compõem a associação, quando ligados em paralelo. Por exemplo, se queremos um resistor equivalente no valor de  $100\Omega$  e só dispomos de 10 resistores de  $1000\Omega$ , ou;
- c) Conseguir resistor equivalente que possa dissipar mais potência que a potência de cada resistor, fazendo uma ligação em série ou paralelo. Por exemplo, se queremos um resistor equivalente de  $100\text{W}$  e só dispomos de 10 resistores de  $10\text{W}$ .

Na figura mostrada abaixo,  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  são resistências associadas em série, e a resistência equivalente é chamado de  $R_{eq}$ . Para obtermos  $R_{eq}$  basta somarmos  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , conforme mostrado na fig. 5 e na eq. 4.

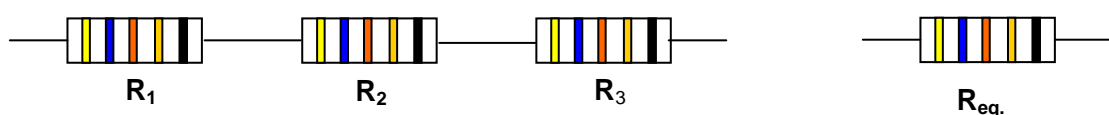


Figura 5: três resistências associados em série e resistência equivalente da associação.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (\text{eq. 4})$$

Para calcularmos o resistor equivalente de uma associação de resistores em paralelo realizamos o inverso da soma dos inversos das resistências individuais, de acordo com a fig. 6 e eq. 5. Na figura abaixo,  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  são resistores associados em paralelo, e  $R_{eq}$  é o resistor equivalente da associação.



Figura 6: três resistores associados em paralelo e resistência equivalente da associação.

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (\text{eq. 5})$$

## 5.4 Capacitores

No trato do assunto capacitores é comum os estudantes relacionarem capacitor com baterias recarregáveis (inclusive pelos símbolos utilizados), tais observações devem ser esclarecidas pelo professor. O capacitor é construído com

placas condutoras de corrente elétrica e separadas por um isolante (dielétrico), capaz de guardar e disponibilizar rapidamente pequenas quantidades de carga elétrica. A bateria eletroquímica não acumula cargas elétricas, ela as disponibiliza ao circuito através de uma reação química, quando os terminais da bateria são aplicados a um circuito elétrico qualquer. A capacidade de liberação de energia elétrica por uma bateria é, em geral, muitas vezes maior que a energia armazenada em um capacitor de dimensões semelhantes, porém essa liberação se faz de forma lenta. Quando carregamos um capacitor a energia elétrica é armazenada no campo elétrico que surge entre suas placas, já na bateria eletroquímica é uma reação química que libera a corrente elétrica exigida pelo circuito. O que há de comum entre capacitores e baterias é que ambos são reservatórios de energia: energia eletrostática no capacitor, associada à configuração macroscópica de excesso de cargas nas placas, e energia eletroquímica na bateria, associada à configuração microscópica, molecular, atômica e subatômica, de cargas. A capacitância é o nome dado à medida da capacidade de armazenar cargas elétricas que um capacitor possui, e é determinada pela forma como as placas são dispostas entre si na construção do capacitor, da distância entre elas e do tipo de dielétrico utilizado. Para melhor esclarecer o termo *forma*, podemos exemplificar utilizando o capacitor de placas paralelas que, quando enrolado, aumenta sua capacitância.

Utilizamos, no Sistema Internacional de Unidades, (SI), o Farad (F) como unidade de medida da capacitância; por definição, 1F é a capacitância de um capacitor que consegue armazenar 1C (coulomb) quando há uma diferença de potencial de 1V (volt) entre suas placas. Já a bateria tem comportamento distinto, pois é caracterizada pela capacidade de fornecer corrente elétrica, através de uma reação química, durante certo intervalo de tempo. Assim, por exemplo, uma bateria

de automóvel de 12V tem como capacidade nominal 54Ah (ampère-hora), o que significa que ela pode alimentar um circuito elétrico que necessite, para seu funcionamento, de 5,4A, durante 10h ou 54A em 1h, e assim por diante.

O conceito de capacidade elétrica tem origem na concepção antiga dos físicos que a eletricidade poderia ser um fluido. Desta forma, concluíram que todo corpo poderia ter capacidade para armazená-la. Em função desta idéia na metade do século XVIII, dois pesquisadores em locais diferentes, Von Kleist, bispo da Pomerânia, região noroeste da Polônia e Pieter van Musschenbroek, professor holandês da Universidade de Leyden, carregaram de eletricidade um jarro parcialmente cheio de água com o auxílio de uma máquina eletrostática. Os resultados surpreenderam a ambos; faíscas intensas eram produzidas e quando ambos tocaram no jarro receberam choques fortíssimos. A sensação era desconhecida e paralisava braços e ombros. Esse jarro sem água, pois logo perceberam que a água era dispensável, tornou-se conhecida como *garrafa de Leyden*. Este foi o primeiro dispositivo capaz de armazenar cargas elétricas, hoje conhecido como condensador ou capacitor.

Para exprimir matematicamente o conceito de capacidade, devemos verificar quais os fatores determinam a quantidade de carga elétrica contida num condutor esférico ( $Q_{\text{esf}}$ ). Lembrando que o potencial elétrico do condutor esférico de raio  $r$  e carga elétrica  $Q_{\text{esf}}$  é dado pela eq. 6

$$V_{\text{esf}} = k \cdot \frac{Q_{\text{esf}}}{r} \quad (\text{eq. 6})$$

podemos então escrever:

$$\frac{Q_{esf}}{V_{esf}} = \frac{r}{k} \quad (\text{eq.7})$$

Como  $r$  (raio da esfera) e  $k$  (constante eletrostática do meio) são constantes, a razão  $\frac{Q_{esf}}{V_{esf}}$  também é constante. Essa constante estabelece a quantidade de carga ( $Q_{esf}$ ) contida no condutor esférico para determinado potencial elétrico ( $V_{esf}$ ) e é por isso chamado, por definição, de capacidade elétrica ( $C_{esf}$ ) do condutor esférico. Sendo a razão  $\frac{Q}{V}$  constante para o condutor esférico, pode-se admitir que ela seja constante para condutores de qualquer outra forma. Então para qualquer condutor, define-se a capacidade elétrica  $C$  pela eq. 8

$$C = \frac{Q}{V} \quad (\text{eq. 8})$$

onde  $Q$  é a carga elétrica contida no condutor e  $V$  a diferença de potencial elétrico. A unidade de capacidade é coulomb/volt no SI e recebe o nome de *farad* (F) em homenagem a Michael Faraday.

Em um capacitor de placas paralelas podemos definir a capacitância como sendo a razão entre a carga  $Q$ , de qualquer das placas, e a diferença de potencial  $\Delta V$  entre elas, como mostra a eq. 9

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (\text{eq. 9})$$

A capacitância de um capacitor de placas planas e paralelas também pode ser expressa de uma forma específica, onde as variáveis dimensionais intervenientes na determinação da capacitância podem ser explicitadas, como podemos ver na eq. 10.

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (\text{eq. 10})$$

onde  $A$  é a área da superfície de cada placa,  $d$  é a distância entre placas e  $\varepsilon$  é uma constante de proporção que depende do tipo de dielétrico, e é denominada constante de *permissividade* absoluta do meio, e corresponde ao produto da constante de permissividade do vácuo  $\varepsilon_0$  pela constante dielétrica  $k$  do elemento isolante, maior que 1:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 k \quad (\text{eq. 11})$$

onde o valor de  $\varepsilon_0$  é  $8,8 \times 10^{-12}$  F/m. A título ilustrativo, relacionamos a seguir alguns valores de  $k$ :

Tabela 4: constantes dielétricas de alguns materiais

<b>Dielétrico</b>	<b>k</b>
Vácuo	1,0000
Ar	1,0005
Parafina	2
Papel	3,5
Titanato de bário e chumbo	1800

Os formatos dos capacitores podem variar bastante, dependendo de sua utilização nos circuitos elétricos e eletrônicos. Dentre eles podemos citar os de placas planas, com várias placas, e os cilíndricos. Para pesquisas e na confecção de padrões para capacitância são utilizados capacitores com eletrodos esféricos ou constituídos de cilindros metálicos colocados lado a lado.

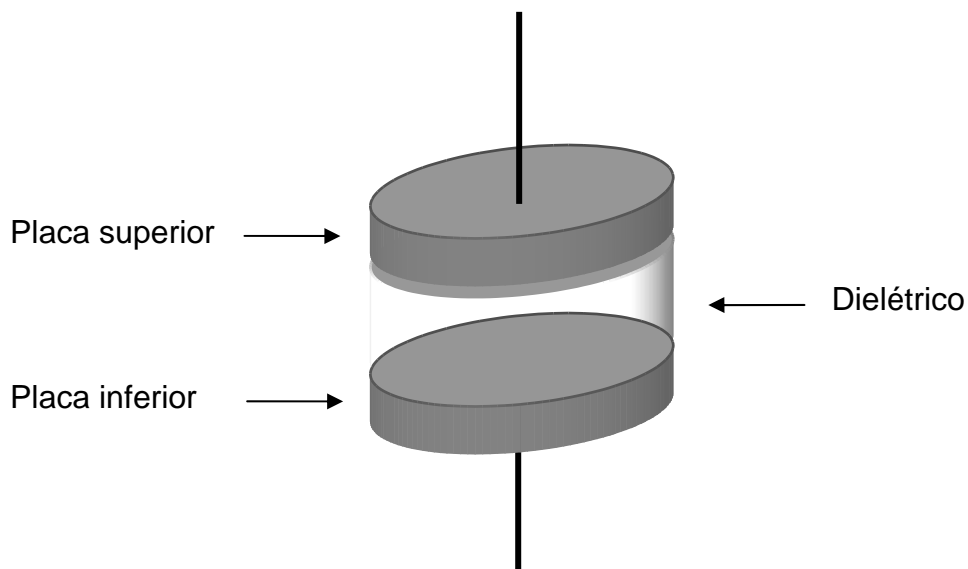


Figura 7: capacitor de placas planas.

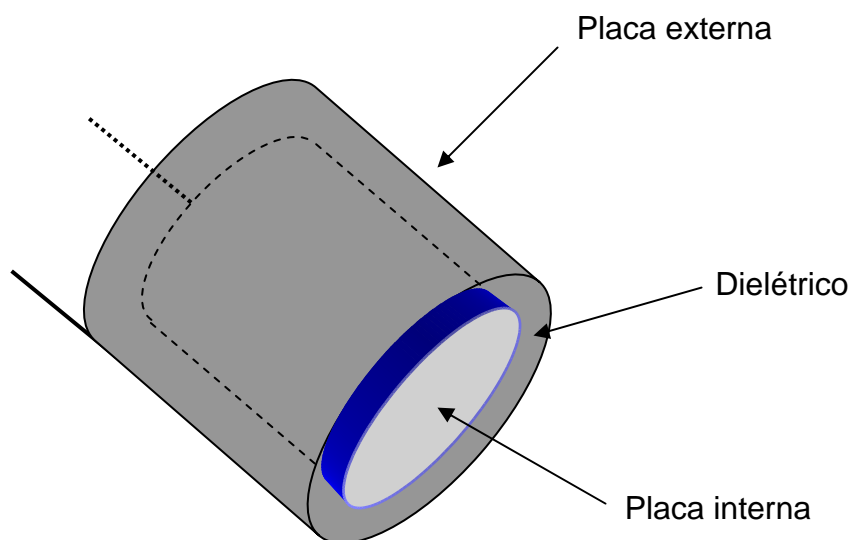


Figura 8: capacitor de placas cilíndricas.

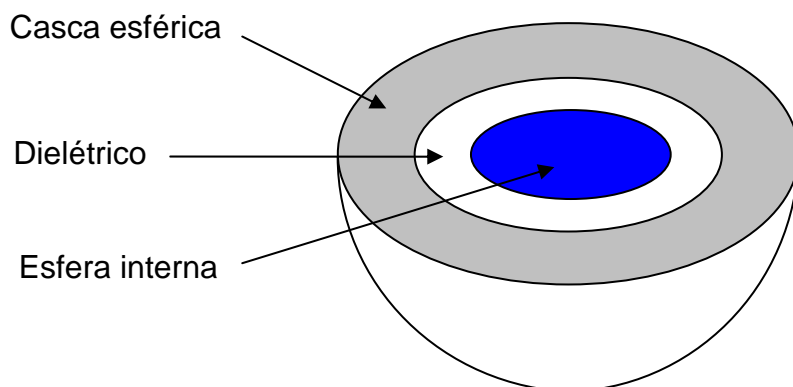


Figura 9: capacitor de placas esféricas (em corte).

Independente da forma e do dielétrico os capacitores não-polarizados são simbolizados por dois traços paralelos, de mesmo tamanho, como na fig. 10c, já os capacitores polarizados (eletrolíticos, de alumínio ou tântalo), cujos desenhos são mostrados nas fig. 10a e 10b, mostram a diferença entre o eletrodo negativo (envolvente ou maior) do positivo, que é de menor tamanho:

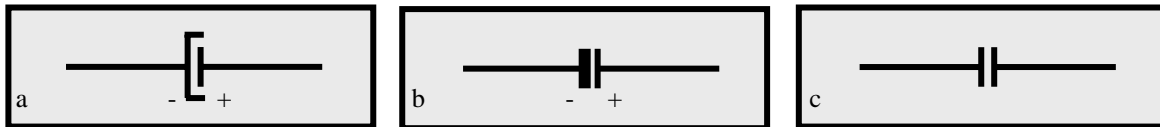


Figura 10: símbolos de capacitores polarizados (a) e (b) e não-polarizado (c). Os capacitores são utilizados em uma grande variedade de aplicações, como computadores, aparelhos de som, televisão, telefones celulares, eletrodomésticos, e na eletrônica dos automóveis. Também são empregados em certos tipos de motores elétricos, nos reatores de lâmpadas fluorescentes, na correção do fator de potência em instalações elétricas industriais, e outras aplicações.

Em alguns capacitores o ar é utilizado como isolante. Certos receptores analógicos de rádio utilizavam, antigamente, capacitores desse tipo, e a capacitância era alterada de forma mecânica, de forma a sintonizar as estações emissoras. Nestes capacitores existia um eixo fixo em torno do qual placas podiam girar, criando um tipo de sanduíche com placas fixas. Aparelhos de rádio analógicos, mais modernos, ainda usam um processo semelhante para a sintonia das estações, porém com dielétrico plástico entre as placas móveis e fixas. Na fig. 11, logo abaixo, é possível ver um destes capacitores que utilizam ar como dielétrico.

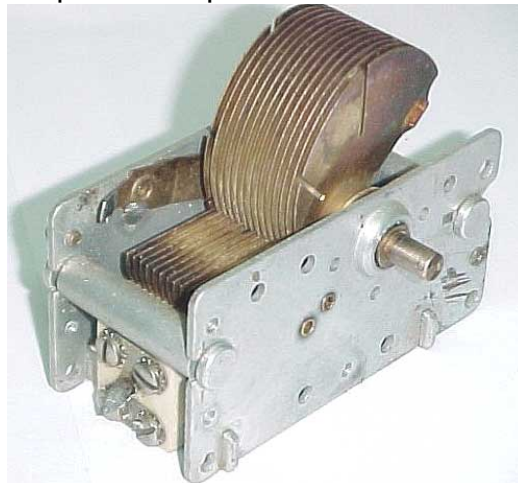


Figura 11: capacitor variável com placas banhadas em prata.



Se associarmos um capacitor, um transistor amplificador e uma fonte de energia elétrica, teremos um dispositivo chamado microfone capacitivo. Ao ligarmos o capacitor a esta fonte, suas placas ficarão energizadas criando um campo elétrico entre elas. Quando o som atinge o capacitor produz uma variação de pressão em uma das placas, o que faz a distância entre elas variar, alterando assim o potencial elétrico. Com a variação do potencial elétrico surgirá uma corrente elétrica variável no circuito, cuja intensidade é proporcional às oscilações da pressão do ar. O sinal elétrico produzido pela energia transferida ao microfone capacitivo é insuficiente para gerar um sinal que possa ser aproveitado diretamente em outras aplicações, o que leva à introdução de um transistor amplificador entre o microfone e sua saída. Como esse transistor faz parte do corpo do microfone, sua identificação externa é dificultada.

A associação de capacitores entre si pode atender a certos objetivos específicos, como por exemplo em um circuito eletro-eletrônico onde seja necessário aumentar a capacitância equivalente ou estejam sujeitos a maiores tensões. Basicamente se trabalha com três tipos de associações de capacitores: em série, paralelo e mista.

**Associação de capacitores em série:** a associação caracteriza-se pela placa negativa de um dos capacitores estar ligada à placa positiva do capacitor seguinte, e assim sucessivamente, como ocorre com pilhas associadas. O conjunto poderia ser substituído pelo chamado capacitor equivalente  $C_e$  cuja capacitância será sempre menor que a menor capacitância individual.

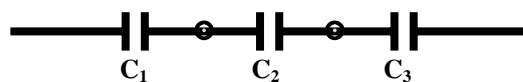


Figura 12 : associação de capacitores em série.

Na associação em série as cargas armazenadas em todos os capacitores são iguais, e a diferença de potencial total é igual à soma das tensões individuais de cada capacitor. A capacitância do capacitor equivalente pode ser calculada como:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (\text{eq. 12})$$

**Associação de capacitores em paralelo:** esta associação apresenta as placas positivas, de todos os capacitores, ligadas entre si, bem como todas as negativas. O conjunto pode ser substituído pelo chamado capacitor equivalente  $C_e$  cuja capacitância será sempre maior que a menor capacitância individual.

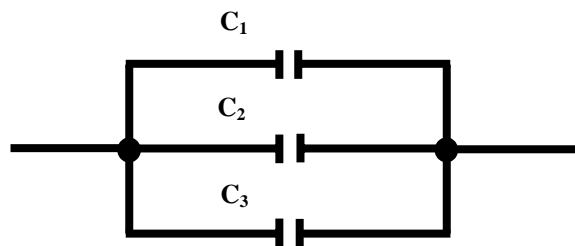


Figura 13 : associação de capacitores em paralelo.

Como os capacitores estão ligados a dois pontos em comum, a ddp será igual em todos os capacitores, e a carga armazenada na associação será igual à soma das cargas individuais. A capacitância do capacitor equivalente pode ser calculada como:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\text{eq. 13})$$

**Associação de capacitores mista:** é o tipo de associação onde encontramos simultaneamente, associações em série e em paralelo. Um exemplo de associação mista pode ser visto na fig. 14.

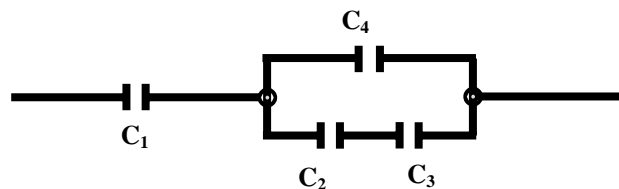


Figura 14 : associação mista de capacitores.

O cálculo da capacitância equivalente neste tipo de associação é feito mediante o cálculo das capacitâncias equivalentes das associações parciais, porém faz-se necessário ter certeza do tipo de associação parcial.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Resistores de papel e grafite

Embora possuindo resistividade elevada, se comparada aos metais, a grafita é um material condutor, como podemos ver na tab. 1. Logo, se o lápis que utilizamos em nosso dia a dia é feito de grafite, derivado da grafita processada, podemos riscar sobre uma superfície isolante como, por exemplo, o papel, e desde que se consiga continuidade elétrica suficiente para medir a resistência elétrica entre dois extremos, teremos um resistor experimental, muito útil para investigações em laboratórios de Física.

O papel é uma superfície não muito uniforme para trabalharmos apenas com um único risco, devido à sua flexibilidade e irregularidade, o que poderá comprometer a continuidade elétrica em função da falha na deposição do filme de grafite. Os primeiros resultados obtidos com alunos e professores nos mostram que com um simples traço no papel pode-se trabalhar sem muitos problemas, mas os melhores valores são obtidos se alargarmos o traço. A partir do valor de 2mm de largura os resultados melhoram bastante, de forma que devemos realizar diversas passadas fortes de lápis do tipo 6B (com grafite mole), utilizado para desenho, e que produz linhas brilhantes e escuras.

Cabe aqui pequeno esclarecimento sobre o tipo de grafite comercial presente nos lápis e lapiseiras que utilizamos. Os grafites são classificados de acordo com

dois critérios : a graduação e o diâmetro. O diâmetro é a espessura do grafite. Os mais conhecidos são o 0.5mm, indicado para pessoas que possuem uma escrita mais leve e delicada, o 0.7mm, que possui uma espessura maior, ideal para pessoas que gostam de um traço mais forte e o 1.6mm, que possui uma espessura ainda maior. Existem ainda grafites com diâmetro de 0.3mm e 0.9 mm, mais utilizados no desenho técnico. A graduação indica o grau de dureza e de intensidade de preto do grafite, ou seja, se ele escreve mais escuro e macio ou mais claro e duro. Existem 14 graduações diferentes, do 6B até o 6H. Os grafites que proporcionam traço mais escuro e macio, 6B,5B,4B,3B e 2B, são indicados para desenhos artísticos, sombreados e esboços em geral. Os grafites que possuem traço médio relativamente escuro e macio, B e HB, são ideais para escrita e desenho na fase na escolar. Já os grafites mais claros e duros, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H e 6H, são indicados para desenhos técnicos e uso em papel vegetal e poliéster. A fig. 15 mostra uma série de traços com grafites variáveis.



Figura 15: 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))

Abaixo, na fig. 16, alguns exemplos de desenhos diferentes que podem ser adotados e estão representados por  $R_a$ ,  $R_b$  e  $R_c$ . Apesar de quase todo o desenho em grafite poder ser utilizado como resistor experimental, os exemplos da fig. 16 foram testados, em um primeiro momento, pelos grupos de alunos que trabalharam conosco.

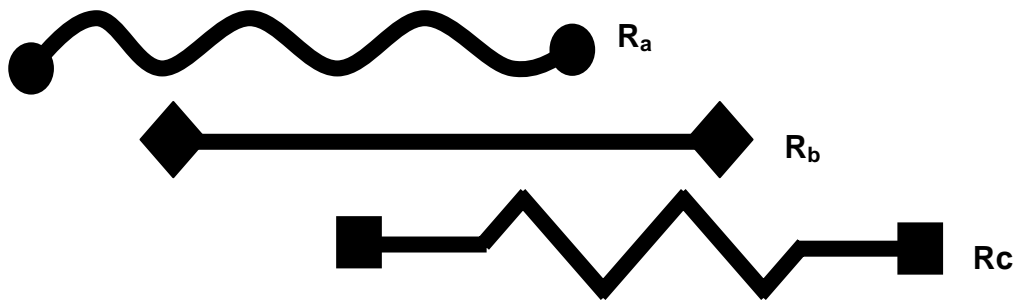


Figura 16: exemplos de desenhos adequados para aplicação da técnica Resistores de Papel e Grafite.

(ROCHA, J . B da; COELHO, Suzana; SALAMI, M. A; RANGEL, M. R; SCHRAGE, P. U. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, vol. 20, n. 2, 135 páginas, agosto 2003.**)

Os tipos de terminações que aparecem nos resistores desenhados na fig. 4 mostram um detalhe importante na construção dos resistores e sua utilidade ficou evidenciada pelos testes realizados, como segue:

- a) no local da medição da resistência elétrica é recomendável ampliar a área de contato do filme de grafite com as ponteiros metálicas do multímetro, o que diminui flutuações na indicação do instrumento;
- b) é útil demarcar com exatidão onde deve ser realizada a medição da resistência, para que se possa repetir a mesma operação no resistor desenhado, e;
- c) melhorar a ligação entre os resistores desenhados e diminuir a resistência elétrica dos respectivos trechos de ligação no valor final da associação. Os círculos e quadrados colocados nas extremidades desempenham o papel de ligação entre resistores ou com as ponteiros do sistema de medição, já que nos resistores comerciais o metal assume tal papel e exerce pouca influência sobre o valor final da resistência da associação. Como a utilização de metais neste experimento pode complicar sua execução, optamos por alargar as

conexões entre resistores e diminuir sua influência no somatório final das resistências da associação.

Logo, faz-se necessário maior largura nas conexões entre resistores do que a largura do próprio resistor, nas associações em série ou paralelo, para reduzirmos a influência resistiva da conexão na associação final dos resistores. Deste modo, mostramos nas fig. 17 e fig. 18 onde foram desenhados dois grandes retângulos para servir de conexão, em algumas sugestões de associações usando os resistores  $R_a$ ,  $R_b$  e  $R_c$ , já mostrados. As ponteiros do multímetro podem ser aplicadas nas regiões marcadas pelas letras X e Y, com o objetivo de determinar a resistência equivalente da associação, mostrada na fig. 19. Os professores e estudantes que já avaliaram a técnica sugeriram o formato antes discutido, e o acréscimo percentual de resistência produzido pelos retângulos das conexões, no valor final da associação, ficou em torno de 3%, de acordo com a tab. 3. Tais discrepâncias são desprezíveis para nosso estudo, pois nosso objetivo é qualitativo e não quantitativo.

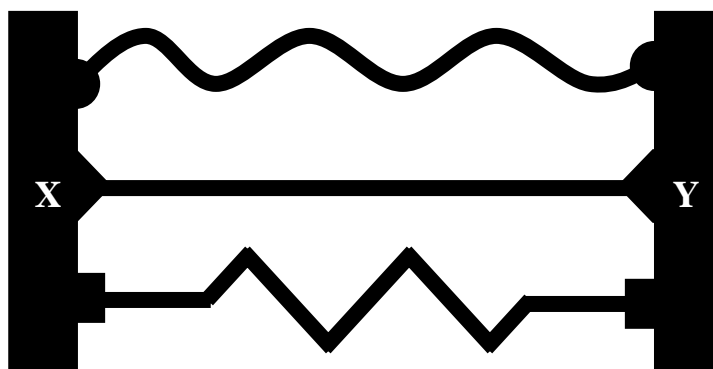


Figura 17: exemplo de associação em paralelo dos três resistores ( $R_a$ ,  $R_b$  e  $R_c$ ) mostrados na figura 16.

(ROCHA, J . B da; COELHO, Suzana; SALAMI, M. A; RANGEL, M. R; SCHRAGE, P. U. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, vol. 20, n. 2, 135 páginas, agosto 2003.**)

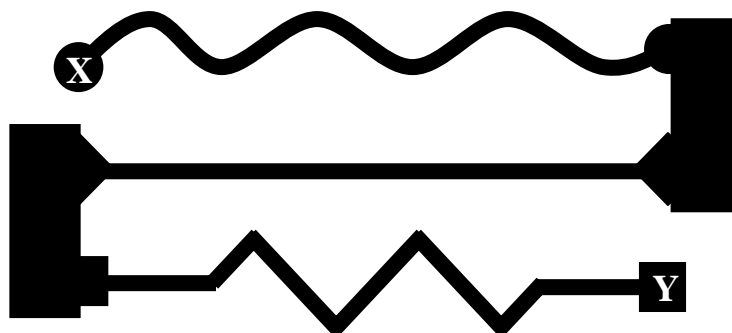


Figura 18: exemplo de associação em série dos três resistores ( $R_a$ ,  $R_b$  e  $R_c$ ) mostrados na figura 16.

(ROCHA, J . B da; COELHO, Suzana; SALAMI, M. A; RANGEL, M. R; SCHRAGE, P. U. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, vol. 20, n. 2, 135 páginas, agosto 2003.**)

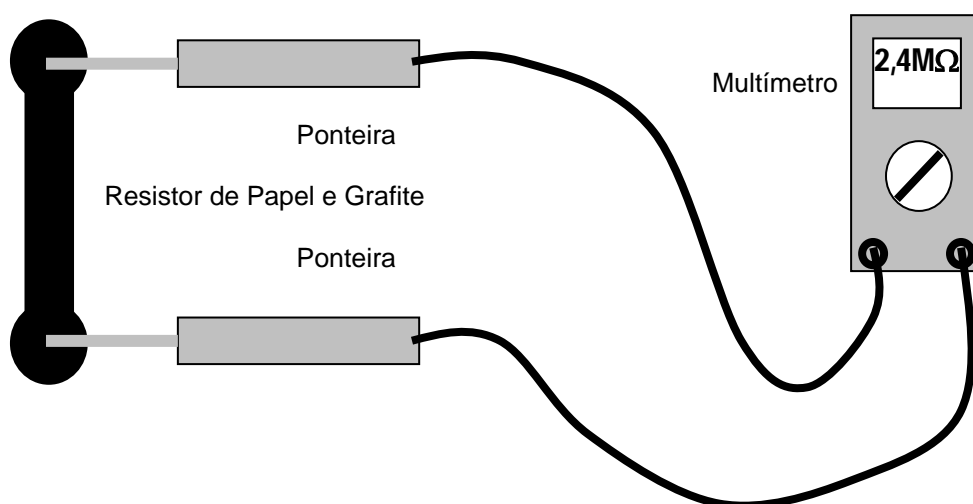


Figura 19: modo de ligação do multímetro aos resistores de papel e grafite.

(ROCHA, J . B da; COELHO, Suzana; SALAMI, M. A; RANGEL, M. R; SCHRAGE, P. U. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, vol. 20, n. 2, 135 páginas, agosto 2003.**)

## 6.2 Comportamento elétrico dos resistores de papel e grafite

Para validar a utilização dos resistores com papel e grafite como opção aos resistores industrializados, na aprendizagem dos conceitos de Física, vários experimentos foram levados a cabo, dentre eles a determinação da relação entre o



comprimento e a resistência elétrica do resistor desenhado, bem como uma investigação para determinar qual a largura ideal, ou a menor largura necessária, para se trabalhar com boa margem da segurança dos valores obtidos, além de testes verificando a aproximação entre o valor calculado e o valor medido, para associações de resistores, e a correspondência entre estes valores. Os auxiliares do Laboratório Especial de Física do MCT/PUCRS realizaram vários testes com esta técnica, e também graduandos e mestrandos colaboraram, produzindo dados para análise.

Utilizando-se grafite 6B foram desenhados vários traços de 0,5mm a 2,5mm de largura com 12cm de comprimento sobre papel, e para realizar as medidas mantivemos uma ponteira do multímetro fixa a uma das extremidades do traço ao passo que a outra corria sobre o mesmo, e a cada 2cm anotava-se o valor da resistência, conforme a tab. 2. Observamos que há uma pequena melhora na relação entre o comprimento e a resistência elétrica a partir da observação da linearidade da família de curvas traçada; e esta melhora está relacionada à largura do traço, sugerindo que uma largura mínima de 2mm é necessária. No gráfico do resistor A podemos observar a pequena dispersão das medidas, que se reduz com o aumento da largura do traço do resistor desenhado, muito provavelmente um fenômeno ocasionado pelos fatores discutidos anteriormente, o que não acarreta prejuízos à atividade, pois traços de grafite de 2mm de largura são de fácil reprodução nos cadernos escolares.

Tabela 2: variação da resistência em função da distância das ponteiros de medição para resistores de papel e grafite retangulares, de  $1,2 \times 10^{-2}$  m de comprimento

Distância entre as ponteiros de medição (cm)	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_D$
	Largura do traço: 0,5mm (k $\Omega$ )	Largura do traço: 1,0mm (k $\Omega$ )	Largura do traço: 1,5mm (k $\Omega$ )	Largura do traço: 2,5mm (k $\Omega$ )
2	22,6	4,9	1,8	1,3
4	50,0	9,8	3,5	2,6
6	74,8	14,9	6,1	4,0
8	103,9	19,0	9,1	5,5
10	128,0	26,2	11,4	7,4
12	148,6	33,1	14,6	9,9

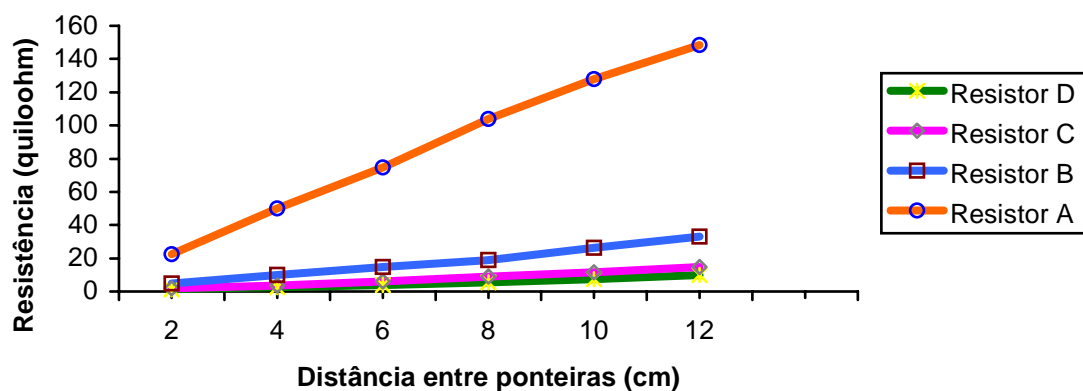


Gráfico 1: família de curvas mostrando a dependência Resistência X Comprimento para resistores desenhados de  $1,2 \times 10^{-2}$  m de comprimento e de diferentes larguras.

Outro aspecto importante a considerar, além do comportamento linear da resistência em função da distância entre ponteiros, é a concordância entre os valores calculados e medidos para as associações de resistores desenhados com grafite, sem o qual a aplicabilidade da técnica ficaria parcialmente comprometida. Para validar esta afirmação desenhamos grupos de dois a sete resistores associados em série e/ou paralelo, primeiramente medindo suas resistências individuais, para depois medir a resistência total da associação, como mostrado nas fig. 17 e 18. A tab. 3, que relaciona os valores medidos com os calculados para a resistência total de cada associação, sintetiza o resultado desse experimento.

Tabela 3: resistências individuais medidas e resistências calculadas e medidas para associações

Tipo de associação de resistores		R <sub>1</sub> (MΩ)	R <sub>2</sub> (MΩ)	R <sub>3</sub> (MΩ)	R <sub>4</sub> (MΩ)	R <sub>5</sub> (MΩ)	R <sub>6</sub> (MΩ)	R <sub>7</sub> (MΩ)	Resistência equivalente (calculada) (MΩ)	Resistência equivalente (medida) (MΩ)
paralelo	R1//R2	0,21	0,11	---	---	---	---	---	0,07	0,07
paralelo	R1//R2	0,46	0,77	---	---	---	---	---	0,29	0,29
paralelo	R1//R2	0,15	0,07	---	---	---	---	---	0,05	0,05
série	R1+R2	0,23	0,17	---	---	---	---	---	0,40	0,40
série	R1+R2	0,11	0,34	---	---	---	---	---	0,45	0,46
série	R1+R2+R3	0,39	0,54	0,43	---	---	---	---	1,36	1,39
mista	R1+(R2//R4)+R3	0,41	0,29	0,34	0,28	---	---	---	0,89	0,92
mista	R5//(R3+R4)/(R1+R2)	0,20	0,34	0,19	0,20	0,32	---	---	0,13	0,13
mista	R1+(R2//R3)+R4+(R5//R6//R7)	0,76	0,75	0,57	1,42	0,84	0,60	0,58	2,72	2,75

As ligações entre os resistores associados produziram um acréscimo na resistência, conforme mostrado nas duas últimas colunas da tab. 3, e sua causa pode ser debatida em aula após alguns experimentos, quando os alunos poderão ser estimulados a discutir e explicar os resultados. Em outro momento do processo de aprendizagem o professor pode utilizar estas discrepâncias da técnica, solicitando aos alunos que meçam as resistências das junções e as incluam nos cálculos da resistência equivalente.

Investigamos também se os Resistores de Papel e Grafite apresentavam uma relação inversa entre largura do traço de grafite, que serve como resistor, e sua resistência, para que fossem utilizados em práticas experimentais que determinassem a dependência da resistência final com a largura do traço. De acordo com a tab. 2, a relação inversa da resistência com a largura fica melhor caracterizada para resistores mais largos, se compararmos a resistência de resistores com larguras diferentes e ponteiros igualmente espaçadas. As atividades levadas a termo mostram que este fato tem relação com a dificuldade em desenhar resistores com pequenas larguras e espessuras constantes. Mas em atividades em que se esteja interessado em explorar a dependência entre largura do resistor e sua

resistência elétrica, aconselhamos desenhar resistores com largura mínima de 5 mm. Se aumentarmos a largura para 10 mm ou mais, e 100 mm de comprimento, poderemos conseguir resultados cuja diferença entre o valor medido e o valor calculado não excede a 5%.

### **6.3 Capacitores de papel, garrafas de PET e copos descartáveis**

Embora sua resistividade seja elevada quando comparada a dos metais, de uma forma geral, a grafita é um material considerado condutor e é utilizado em locais onde existem partes móveis e fixas de determinadas máquinas, como por exemplo em motores elétricos. Tendo em mente que o grafite é obtido a partir da grafita, se desenharmos sobre uma superfície não condutora, como plástico ou papel, teremos uma placa de capacitor experimental. Basta desenhar a outra placa correspondente para obtermos o capacitor. Isso abre grande campo no estudo experimental dos capacitores, tendo em vista sua facilidade de confecção e baixo custo, principalmente nas salas de aula dos colégios particulares e públicos de nosso país.

A forma de construção dos capacitores que investigamos consiste em depositar grafite em ambos os lados de uma lâmina de material dielétrico, utilizando estes desenhos de grafite como placas de um capacitor. Também podemos depositar o grafite em duas placas distintas do mesmo dielétrico, sobrepondo-as depois, de forma que as faces que contém o grafite não se toquem. A fig. 20 mostra dois fragmentos de material isolante (papel, cartolina ou plástico) com grafite depositado em uma das faces. Prendemos com fita colante dois pedaços de condutor isolado, um em cada face pintada com grafite, de cada um dos fragmentos de material isolante (papel, cartolina ou plástico). Quando realizamos a sobreposição

destes dois fragmentos, com suas faces não pintadas uma de encontro a outra, temos um capacitor que pode ter sua capacitância medida com o auxílio de um multímetro com escala para capacitímetro. Para tanto, basta tocar as ponteiros de medição em cada face pintada, ou conectar os fios condutores ao capacitímetro, conforme mostra a fig. 21.

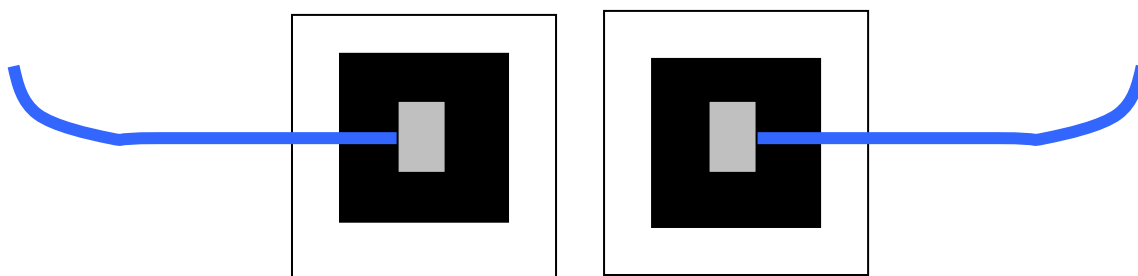


Figura 20: fragmentos de papel, cartolina ou plástico com quadrados pintados de grafite, e os fios de interligação.

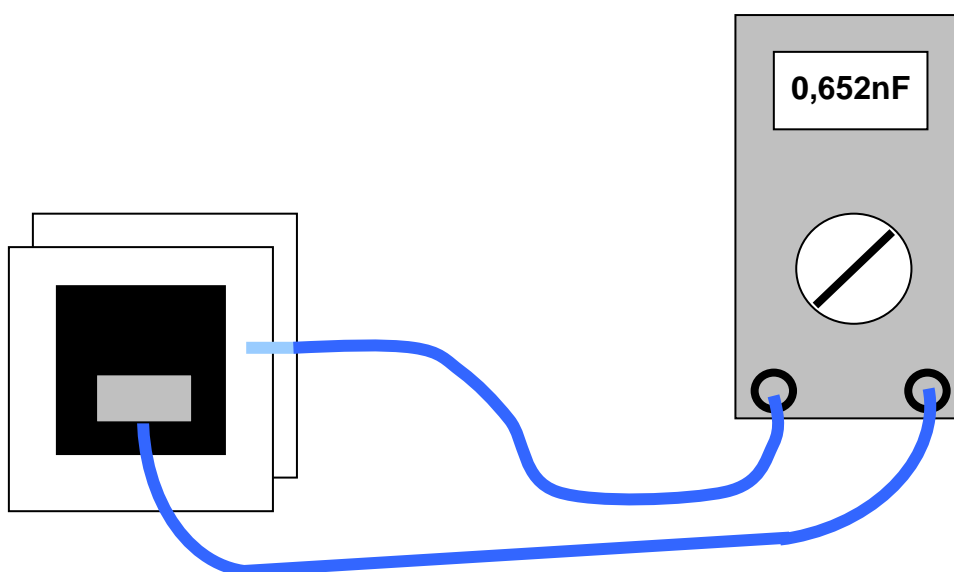


Figura 21: quadrados com grafite sobrepostos conectados aos cabos, para medição.

Um problema que surge quando tratamos de medir a capacitância do capacitor envolve a reatância capacitiva e a fuga de corrente que pode ocorrer entre os eletrodos, devido a caminhos que possibilitem tal ligação entre as placas do

capacitor, conforme mostra a fig. 22. O fato é que os medidores de capacitância disponíveis nos multímetros comerciais aplicam uma tensão alternada, ou contínua pulsante, nos capacitores, e medem a corrente produzida sobre eles. Como essa corrente é teoricamente proporcional à capacitância (para uma dada frequência), o instrumento associa a cada valor de corrente uma indicação. Entretanto os instrumentos construídos com esse princípio de funcionamento não conseguem discriminar se a corrente medida é produzida pela reatância capacitiva ou por uma fuga de corrente, por acaso existente. Assim, correntes parasitas, ainda que pequenas, podem produzir indicações de capacitância bem maiores que as reais. Uma forma de produzirmos placas de capacitores com certa segurança, quanto à fuga de corrente pelas bordas, é mostrado na fig. 23, onde a zona de deposição do grafite fica restrita a uma certa área distante.

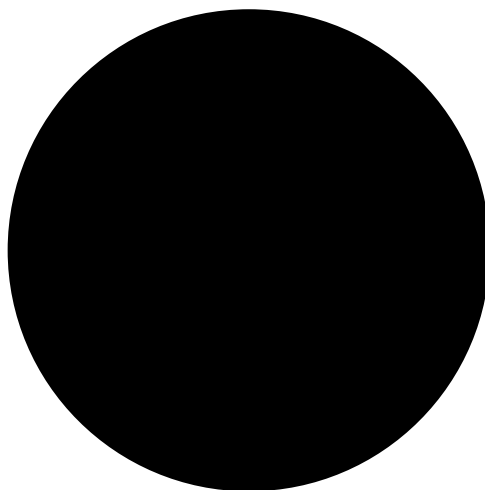


Figura 22: forma desfavorável de depositar grafite sobre um dielétrico para produzir uma placa de capacitor. Note que toda a superfície do dielétrico é preenchida, igualmente o lado oposto. Isso pode produzir contatos com a zona de deposição de grafite do lado oposto, produzindo fugas.

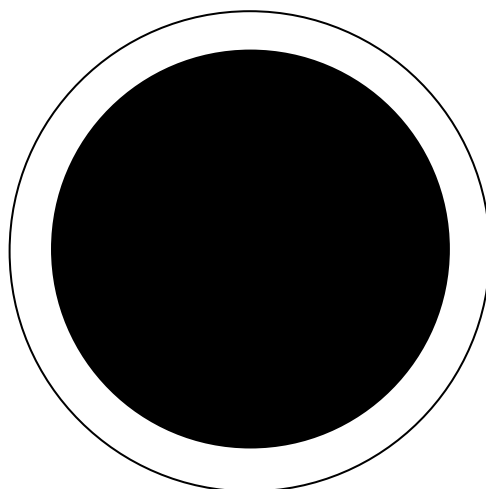


Figura 23: forma correta de depositar grafite sobre dielétrico para produzir uma placa de capacitor. Note que o círculo menor, que recebeu o grafite, não toca o limite do círculo maior, de PET ou papel.

Pela mesma razão é necessário que o contato dos condutores com a superfície que recebeu o grafite seja feito sem o auxílio das mãos, pois o corpo humano funciona como um condutor elétrico que afeta grandemente o valor da capacitância indicada por esse tipo de medidor. Exaustivas investigações realizadas no Laboratório Especial de Física do NAECIM/MCT/PUCRS, e no Laboratório de Instrumentação da Faculdade de Física da PUCRS, apontaram para alterações nos resultados, que podem ser justificadas 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.

Os melhores resultados obtidos foram com cartolina, apesar de que, em princípio, qualquer papel pode ser utilizado na construção dos capacitores. É provável que os bons resultados da utilização da cartolina possam ser explicados por sua espessura maior, o que reduz correntes parasitas internas, que podem ocorrer devido às propriedades higroscópicas do papel. Porém, os melhores resultados, falando-se de constância e reprodutibilidade ao longo do tempo, foram

conseguidos com dielétrico plástico obtido de copos descartáveis ou garrafas de PET. A fig. 24 mostra como obter a lâmina plástica para a confecção do capacitor.

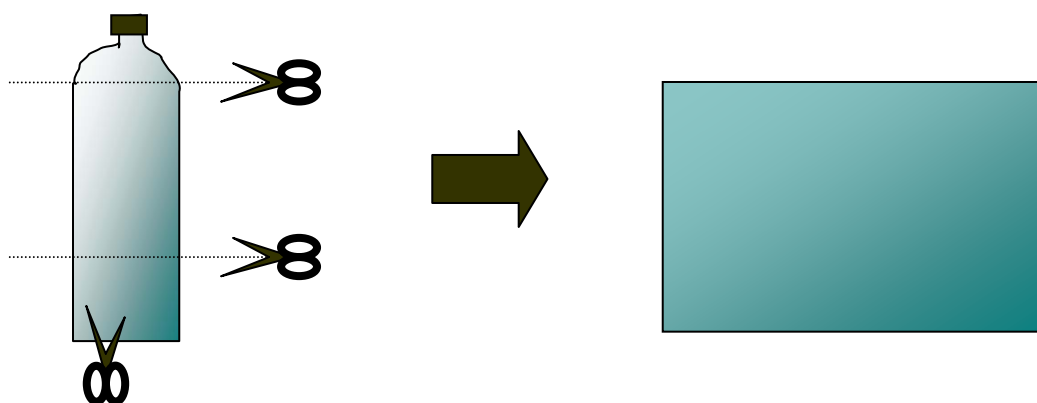


Figura 24: como recortar folhas plásticas de garrafas de PET.

Faz-se imprescindível conseguir continuidade elétrica dentro da área com grafite de cada placa do capacitor, o que requer cautela pois a flexibilidade e as imperfeições do papel podem interromper a deposição de grafite. Nas avaliações realizadas com professores e estudantes no NAECIM/MCT/PUCRS, resultados promissores puderam ser obtidos com desenhos constituídos por diversas passadas fortes de lápis com grafite mole (tipo 6B), usado em desenho, que produzem superfícies bem escuras e brilhantes. Igualmente devemos orientar o procedimento para deposição do grafite sobre o plástico, tendo em vista que o mesmo oferece pouco atrito com a ponta do lápis. Para resolver tal situação utilizamos lixa d'água (do tipo utilizada em funilaria de automóveis), para tornar a superfície áspera e poder depositar o grafite. Porém quando o professor for adquirir tal tipo de lixa, o balconista da loja irá lhe pedir o número da mesma, já que elas são classificadas por números que indicam a granulometria das mesmas. Por exemplo, a lixa que utilizamos com melhores resultados foi a lixa d'água nº 240, onde os sulcos produzidos no plástico ao longo da direção vertical, estão mais próximos entre si, conforme podemos ver na



fig. 25. Se utilizarmos lixa de número 50, os sulcos produzidos no plástico estarão mais afastados entre si (fig. 26), o que pode não garantir continuidade elétrica na deposição do filme de grafite, que por sua vez irá comprometer o valor da capacitância do capacitor assim produzido.

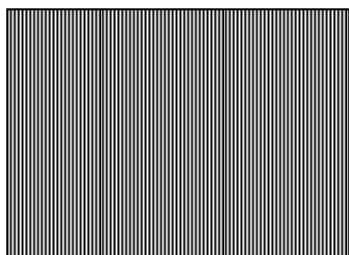


Figura 25: vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao longo da direção vertical com lixa n<sup>o</sup> 240.

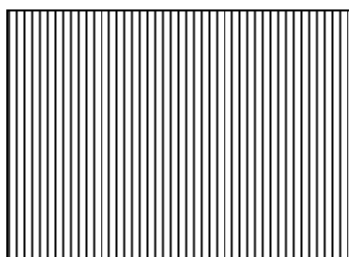


Figura 26: vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao longo da direção vertical com lixa n<sup>o</sup> 50.

Mesmo com a utilização da lixa n<sup>o</sup> 240 podem acontecer problemas de continuidade elétrica na deposição de grafite sobre a placa, pois se riscarmos apenas ao longo da direção vertical ou horizontal, ainda estaremos deixando pequenas regiões do plástico entre os sulcos, que poderão não receber o grafite. Sugerimos que o processo de abrasão seja feito em duas direções, vertical e horizontal, conforme podemos verificar na fig. 27. Quando da deposição do grafite sobre a placa também devemos riscar nas duas direções supracitadas.

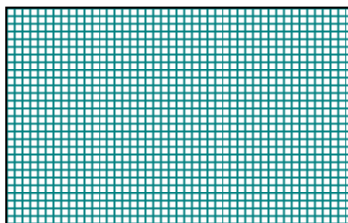


Figura 27: vista ampliada dos sulcos produzidos no plástico ao longo das direções vertical e horizontal com lixa nº 240.

A ligação ao multímetro, do dielétrico com filme de grafite depositado em ambas as faces, pode ser feita de diversas formas diferentes. Em nossas investigações utilizamos cabos finos com garras tipo “jacaré”, muito utilizadas em laboratórios de ensino, tendo o cuidado de isolar uma das serrilhas da garra com fragmento de garrafa de PET. A fig. 28(a) mostra vista lateral do terminal jacaré com uma das garras isolada por fragmento (de cor azul), de garrafa de PET. Na letra (b), vista superior da mesma garra com o respectivo isolamento. Nunca é demais lembrar que o isolamento de uma das garras serve para evitar o curto-circuito entre placas do capacitor no momento da medida, garantindo contato elétrico com uma das faces.

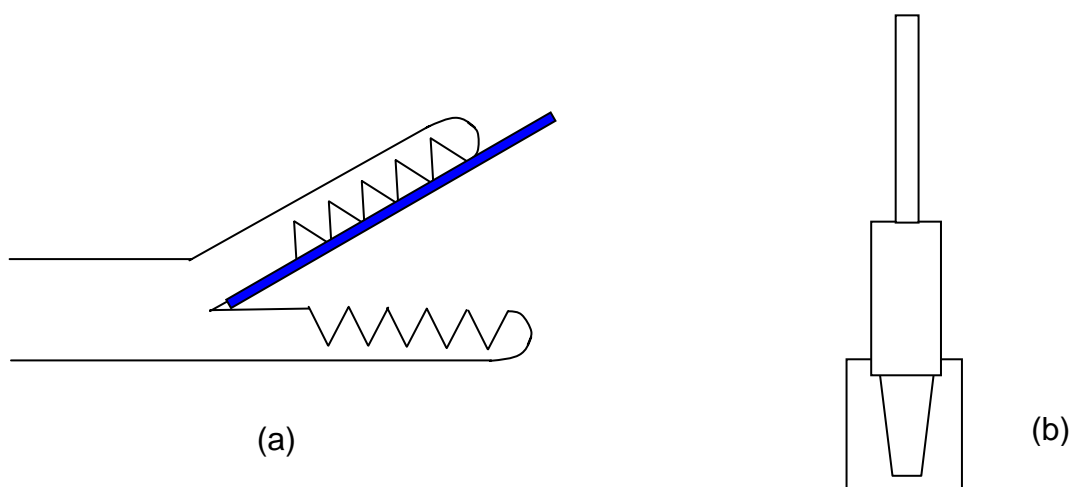


Figura 28: detalhes lateral (a) e superior (b) da colocação de um fragmento de garrafa de PET sobre a serrilha das garras para evitar contato simultâneo com as duas faces que receberam o filme de grafite.

Os multímetros de mais fácil aquisição que possibilitam medidas de capacitância apresentam, em geral, uma tomada secundária onde podemos introduzir os eletrodos do capacitor, diferente das tomadas das ponteiros usadas para medição de tensão, corrente e resistência. Caso ocorra isto, o professor deve providenciar pedaços de fios rígidos finos (por exemplo, de telefonia) para a introdução nesta tomada, e com o auxílio de cabos finos, com jacarés, realizar a ligação às placas que receberam o filme de grafite. A fig. 29 mostra um destes multímetros típicos, e a forma de ligação às placas.

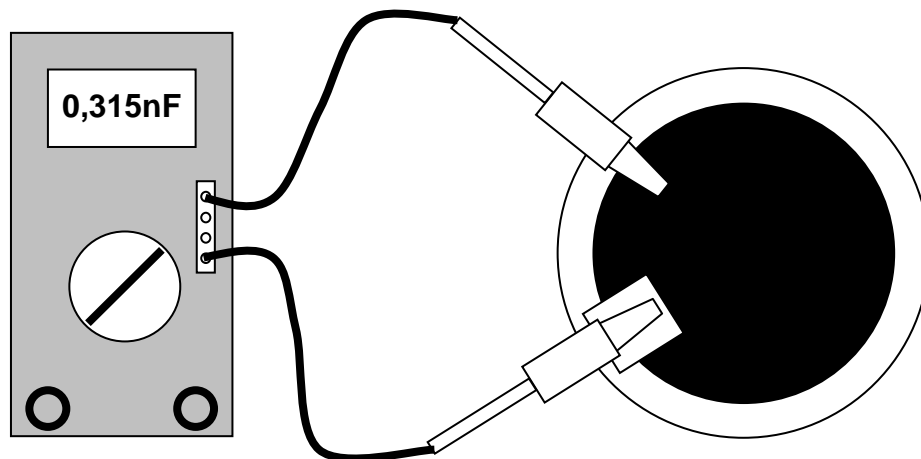


Figura 29: tomada para medição de capacitância em um multímetro típico, e forma de ligação às placas que receberam o filme de grafite (frente e verso), com o auxílio de fios telefônicos e cabos finos com garras jacaré. Observe a serrilha protegida por fragmento de garrafa de PET para evitar curto-circuito entre as placas.

Utilizamos em nossas investigações o multímetro marca Minipa, modelo ET 2060, com uma escala de capacitância variando entre 2nF a 20 $\mu$ F. Quando ajustado na menor escala de capacitância, em nossos testes, registrou 0,003nF, como mostra a fig. 30(a), sendo esta a capacitância residual dos próprios contatos do capacitímetro. Após conectarmos cabos com aproximadamente 25cm de comprimento cada, para realizarmos as medidas, o valor indicado passou para

0,009nF, visto na letra (b). Em medidas mais rigorosas esse valor deveria ser descontado da capacitância medida, mas na maior parte das aplicações didáticas ele pode ser desprezado.

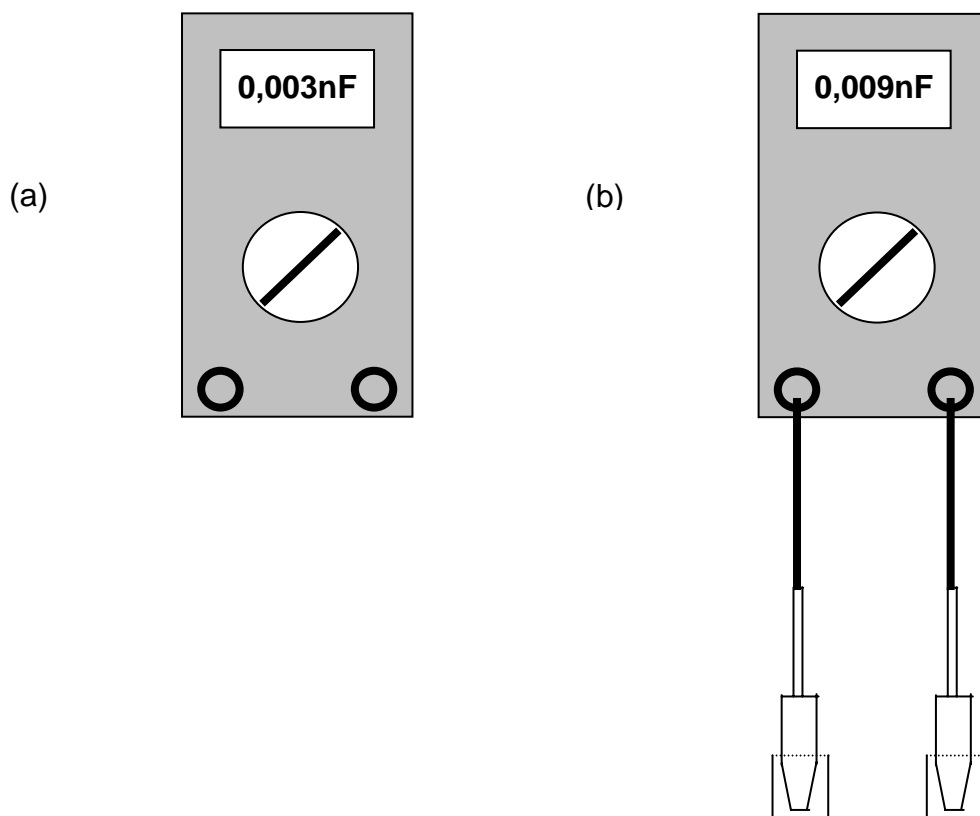


Figura 30: (a) multímetro sem os cabos ajustado na escala de capacitâncias já registra 0,003nF de capacitância residual. (b) com a conexão dos cabos de 25cm de comprimento cada, o valor residual passa para 0,09nF.

O mesmo multímetro utilizando agora cabos de aproximadamente 85cm de comprimento cada, fig. 40(a), passa a apresentar indicação de 0,021nF, o que representa mais de 100% de aumento, se comparado com o da fig. 30(b). Nas fig. 40(b) e 40(c) os valores aumentam mais ainda, pois os cabos estão enrolados, como é mostrado. Logo, precisamos ter cuidado no tocante ao tamanho e disposição dos cabos de medida, quando de sua utilização. Este efeito observado no tamanho e disposição deve-se ao fato de os cabos também atuarem como placas de um

capacitor, e se aumentarmos os seus comprimentos estaremos como que aumentando a área das placas, e conseqüentemente sua capacitância. Já ao enrolar os cabos aproximamos mais os mesmos, o que equivale a aproximar as placas do capacitor.

Certamente a maneira mais fácil de se construir capacitores de placas paralelas é utilizando folhas de caderno escolar, apesar da instabilidade já discutida anteriormente, então recomendamos que o professor realize experimentos prévios para inteirar-se das imprecisões inerentes. Outra observação importante no tocante à deposição de grafite sobre dielétricos é cuidar para não criar pequenas fissuras no mesmo, o que ocasionaria fuga de corrente elétrica entre os filmes de grafite depositados sobre as faces do dielétrico. Esta recomendação prende-se ao fato de que copos descartáveis, em geral, são extremamente frágeis, e em nossos experimentos descobrimos falhas de medição causadas por fissuras neste tipo de dielétrico, inúmeras vezes. Provavelmente esse problema surgiu no momento em que aplicamos a lixa com muita força, para tornar a superfície áspera. No caso do papel, o lápis pode ocasionar o mesmo problema. Na fig. 31(a) temos a vista frontal de dois capacitores de placas paralelas associados em série, utilizando papel como dielétrico. Observe que as placas do capacitor foram desenhadas com certo afastamento das bordas do papel, para evitar “contaminação” de grafite entre as mesmas, o que poderia dar origem a fugas de corrente entre as placas, no momento da medida, gerando instabilidade no valor medido da capacitância. Na fig. 31(b) apresentamos vista da parte de trás da associação dos capacitores, onde se pode observar que não há ligação entre as mesmas. Se na parte de trás (b) fosse realizada a ligação entre placas, passaríamos a ter uma associação em paralelo.

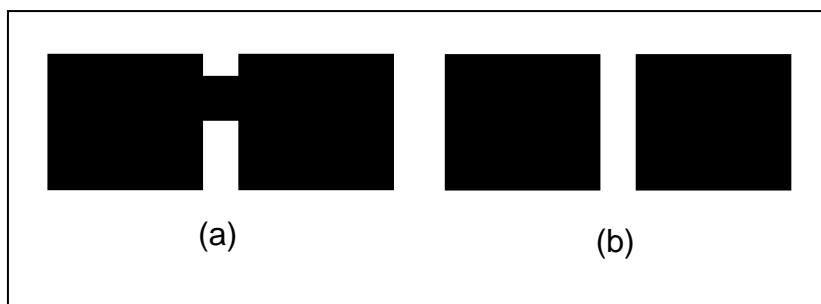


Figura 31: (a) vista frontal de dois capacitores de placas paralelas associados em série. (b) vista da parte de trás da associação mostrando que não há ligação entre as placas para não transformamos a associação de série em paralelo.

A medição da capacitância equivalente em uma associação em série deve obedecer alguns cuidados: O primeiro é isolar uma das partes internas da garra jacaré, como já explicado anteriormente; a outra é prender ambas as placas às serrilhas isoladas das garras jacaré, na face cujas placas não estão ligadas entre si, fig. 32. Dito de outra forma: Pintando quatro placas, sobrepostas duas a duas, nos dois lados de uma folha isolante, teremos dois capacitores isolados. Cada par de placas opostas corresponde a um dos capacitores, e para medir a capacitância de qualquer um deles, basta aplicar as ponteiros de medição nas placas opostas correspondentes. Agora, unindo as duas placas de uma das faces da folha isolante com uma extensão do traçado do próprio grafite, e aplicando as ponteiros nas placas da face oposta, estaremos associando os dois capacitores em série. Situação semelhante ocorre quando realizamos a associação em série de capacitores comerciais, como mostra a fig. 41.

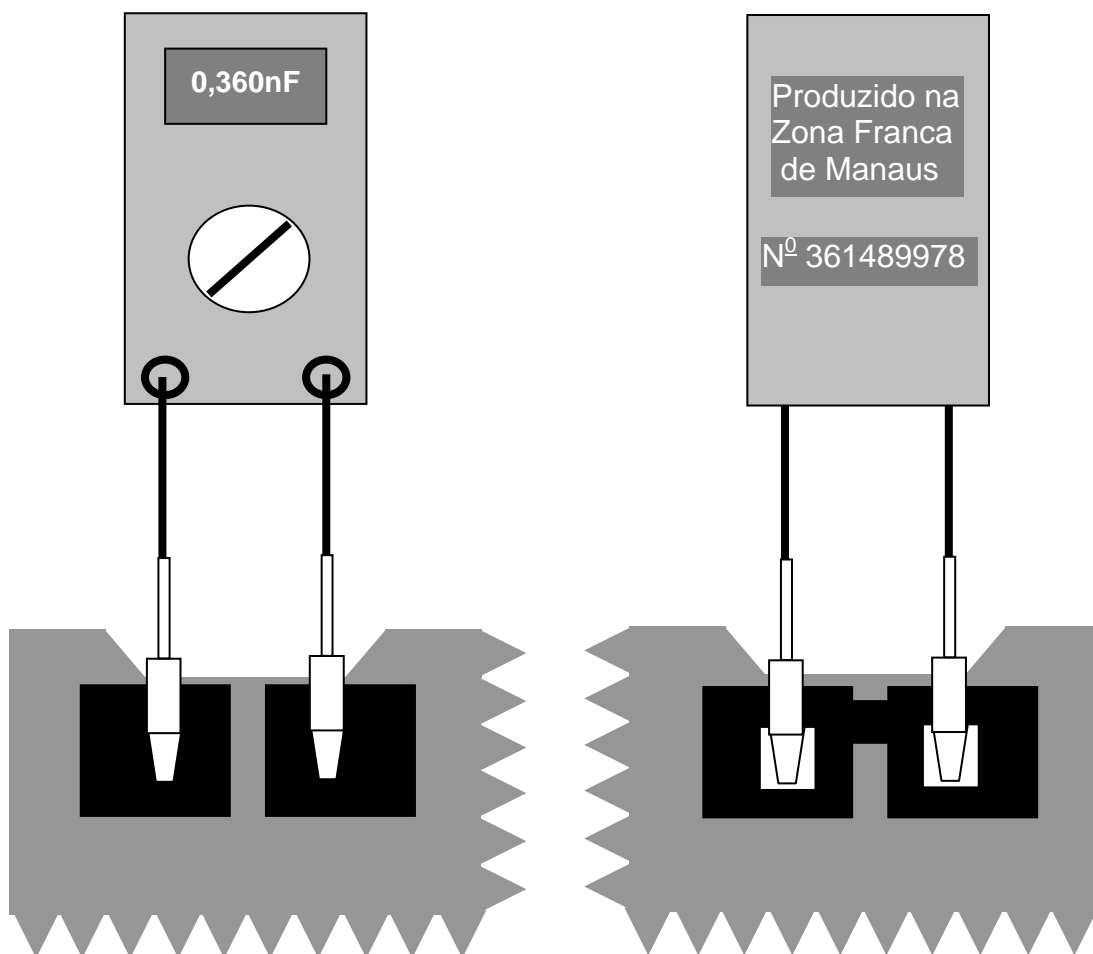


Figura 32: garras jacaré com as serrilhas isoladas por fragmento de garrafa de PET, observe que não há ligação entre as placas dos capacitores. Na face oposta garras sem isolamento nas serrilhas, mas há ligação entre as placas.

A associação em paralelo de capacitores de placas paralelas, utilizando como dielétrico a cartolina, também requer cuidado especial, apesar de sua construção ser praticamente a mesma descrita acima. Na fig. 33(a) temos vista frontal de dois capacitores de placas paralelas, associados em paralelo. Os cuidados com as bordas e com os terminais jacaré continuam os mesmos da associação em série. A letra (b) mostra vista de trás da associação dos capacitores, observe que há ligação entre as mesmas, contrariamente à associação em série. Porém, observe que a

ligação não deve ser sobreposta à ligação existente entre placas da face frontal, pois caso isto ocorresse teríamos um terceiro capacitor na associação, prejudicando assim as medidas. A cor azul da ligação entre as placas serve apenas para diferenciá-la da cor preta da outra ligação.



Figura 33: (a) vista frontal da associação de capacitores de placas paralelas em paralelo. (b) vista de trás da associação. Note que a ligação entre as placas desta face não está no mesmo nível da primeira.

Já no processo de medição da capacitância equivalente da associação em paralelo, devemos proceder diferentemente da maneira utilizada na associação em série. O cuidado está em determinar qual face devemos prender à garra jacaré para não obtermos valores equivocados. Devemos prender uma garra, com sua serrilha isolada, em uma placa de uma face e a outra garra, com uma de suas serrilhas não isoladas, na mesma placa, conforme a fig. 34. É importante destacar que esta segunda garra mencionada, cuja serrilha não isolada é visível na figura, tenha sua outra serrilha, que não é visível por estar atrás da figura, também isolada. A fig. 42 mostra como seria a medida da capacitância equivalente para a associação de dois capacitores comerciais.



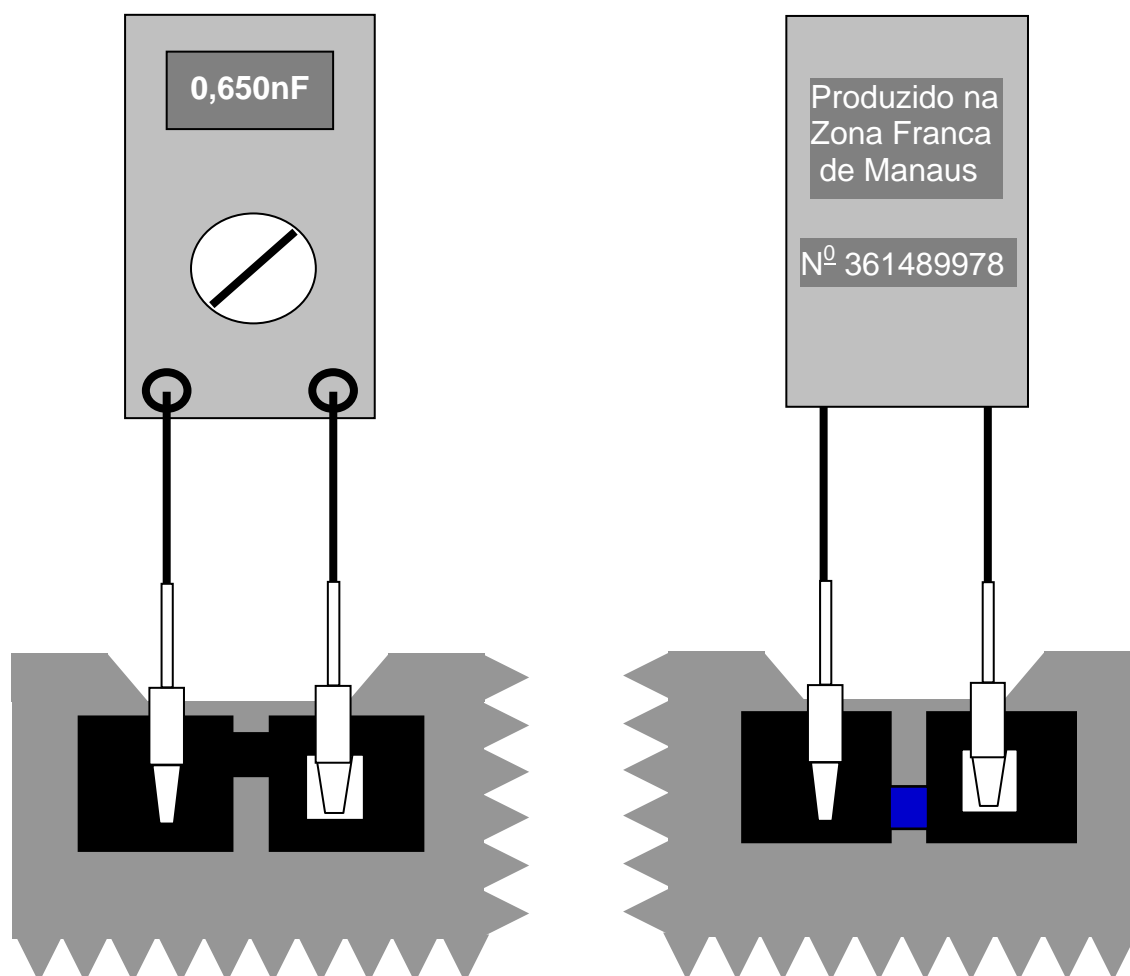


Figura 34: vista frontal da associação de dois capacitores de placas paralelas em paralelo. Observe que uma garra jacaré está com uma de suas serrilhas isolada, ao passo que a outra serrilha da outra garra não está isolada.

#### 6.4. Comportamento elétrico dos capacitores de papel, garrafas de PET e copos descartáveis

Com uma mesma folha de papel ou garrafa de PET podemos pintar e associar diversos capacitores, ou utilizar fragmentos menores do dielétrico na confecção de capacitores individuais, com formas iguais ou diferentes, sendo posteriormente associados por tiras papel alumínio, do tipo utilizado para envolver carnes no momento de serem assadas. A fig. 35 mostra uma das associações realizadas

durante o desenvolvimento da técnica, quando dois capacitores isolados, um com formato elipsóide e outro com formato circular, foram associados em série por meio de tiras de alumínio. Nesta situação, para garantir o contato elétrico entre as tiras de alumínio e as faces pintadas dos capacitores, podem ser usados prendedores de roupa, de plástico ou madeira (bem seca) ou fita adesiva. Omitimos na figura, os prendedores de roupa para não prejudicar a visualização. O valor medido, apresentado no visor do capacímetro desenhado na figura, é um valor real que pode ser comparado com o valor calculado, que está anotado ao lado. Observe como a diferença entre os valores medidos e calculados é pequena, o que mostra o quanto é confiável a técnica proposta.

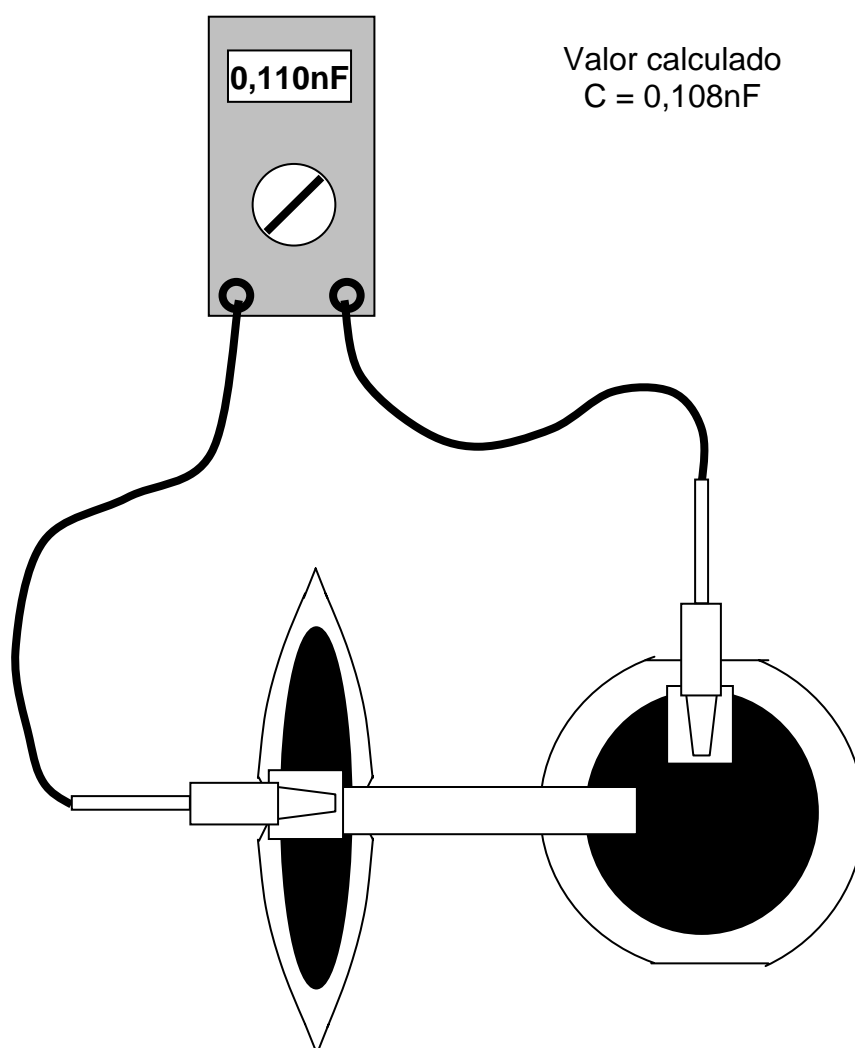


Figura 35: associação de dois capacitores de PET em série,  $C_5$  e  $C_6$ , da tabela 5. Utilizamos uma tira de papel alumínio para uni-los apenas de um lado. Para realizarmos a medida utilizamos duas garras jacaré, ambas com uma das serrilhas isoladas por fragmento de PET. No momento da ligação ambas as serrilhas com isolamento prendem no mesmo lado da associação.

Nossa investigação prossegue, agora com a associação em paralelo, utilizando como dielétrico dois pedaços de garrafa de PET, com formatos elipsoidal e triangular, respectivamente; as tiras de papel alumínio, presas com prendedor de roupa, foram novamente utilizadas para unir os dois capacitores, com o cuidado de não sobrepor as tiras para não produzir um novo capacitor. Para realizarmos a medida utilizamos duas garras jacaré, ambas com uma das serrilhas isoladas por fragmento de PET. No momento de prender as garras para realizar a medida, a serrilha isolada de uma das garras e a serrilha não isolada de outra garra, prendem no mesmo lado da associação, conforme mostra a fig. 36. Novamente o valor medido, apresentado no visor do capacímetro desenhado na figura, é um valor real que pode ser comparado com o valor calculado, que está anotado ao lado. Observe como a diferença entre o valor medido e calculado é pequena, o que mostra como é confiável a técnica. A cor azul aplicada à tira de alumínio que está atrás da associação serve apenas para destacá-la. No anexo apresentamos mais exemplos de associações em série e paralelo.

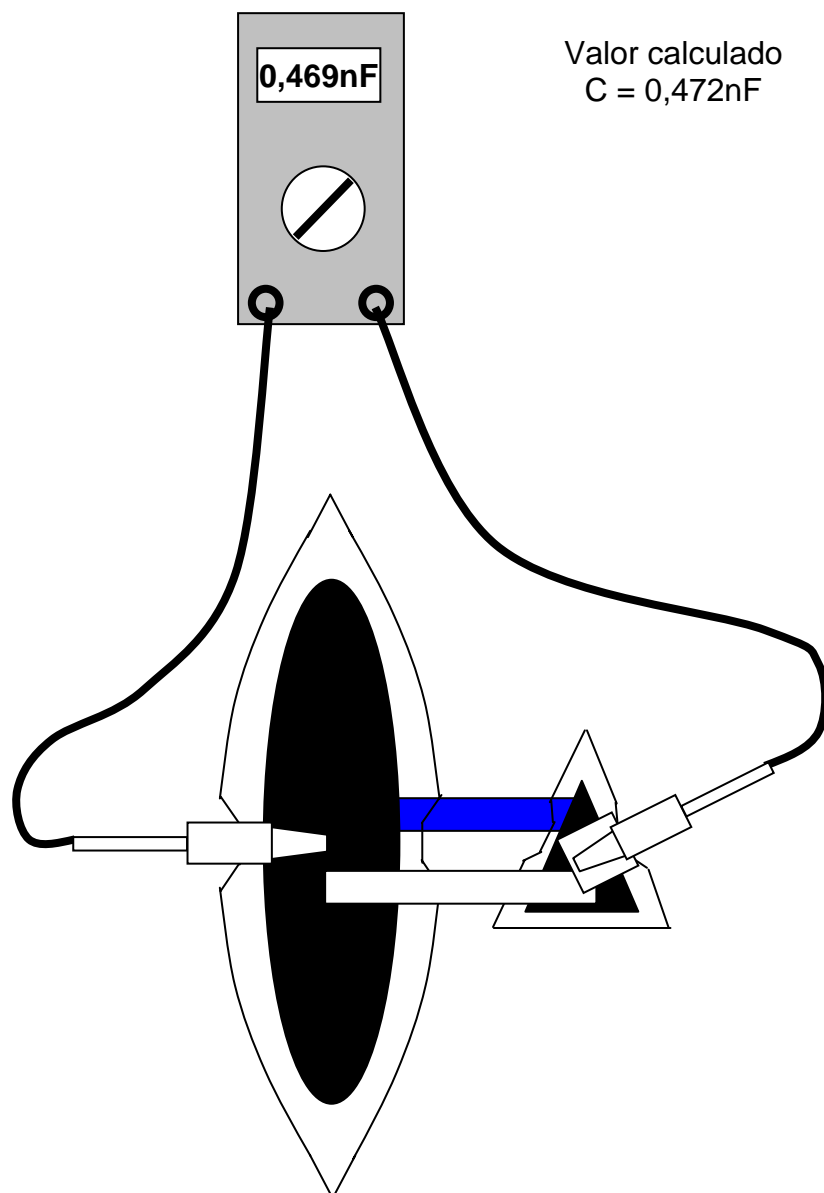


Figura 36: associação em paralelo de dois capacitores de PET,  $C_9$  e  $C_{10}$ , da tabela 5, de formato elipsoidal e triangular respectivamente, construídos em separado e unidos por duas tiras de papel alumínio.

Realizamos associações em série e paralelo com vários formatos de capacitores, utilizando como dielétricos garrafas de PET e copos descartáveis. O procedimento utilizado para as associações foi o descrito acima. Associamos os capacitores aos pares, e de forma aleatória. Em associações somente em série, ou

somente em paralelo, os valores obtidos para as capacitâncias calculadas e medidas mostram pouca discrepância, porém as associações mistas apresentaram discrepâncias mais acentuadas. Isso provavelmente se deve ao fato de que cada trecho de interconexão entre capacitores representa uma nova capacitância acrescida ao sistema, e leva-nos a sugerir que o professor proponha associações de um só tipo, em cada experimento, como podemos ver na tab. 5.

No decorrer de nossas investigações com os capacitores de placas paralelas percebemos que alguns apresentavam inconstância em seu valor de capacitância em função do tempo, ou seja, ao conectarmos o capacitômetro o valor apresentado no visor não se estabilizava, assumindo valores ora maiores, ora menores, conforme mostra o gráfico 4. Tal comportamento gerou muita surpresa, pois esperávamos valores constantes. Para aclarar o problema resolvemos investigar o que estava acontecendo; nosso procedimento foi submeter os capacitores de formas, dielétricos e áreas diferentes, a vários minutos de medida contínua. Utilizamos seis multímetros do tipo já descrito anteriormente. Obtivemos dados mais condizentes com a previsão teórica e atribuímos tal melhora à resolução de problemas tais como fuga de corrente entre as placas, ocasionada por fissura entre as mesmas ou por contaminação das bordas das faces pintadas, caráter higroscópico da cartolina e baixa rigidez dielétrica, se comparada com a garrafa de PET e o copo descartável. Os gráficos 5 e 6 mostram os novos resultados, e são apresentados em separado para que os menores valores de capacitância possam ser visualizados.

Utilizamos 24 capacitores de placas paralelas de formas, áreas e dielétricos diferentes em nossas investigações, conforme a tab. 6. Como já mencionado, verificamos o comportamento da capacitância em função do tempo e constatamos que os capacitores confeccionados com dielétrico plástico (garrafa de PET ou copo

descartável) apresentam os valores mais estáveis de capacitância, porém nenhum deles atingiu o valor de 1nF de capacitância; o capacitor confeccionado com copo descartável, formato quadrado e área de  $28,0 \text{ cm}^2$  conseguiu o maior valor, atingindo  $0,627 \text{ nF}$ . A cartolina mostra oscilações nos valores, apesar de possuir o maior valor, se comparada com outros dielétricos de mesma área e formas diferentes. Também é possível verificar a dependência da capacitância com a área das placas do capacitor, ou seja, com a diminuição da área a capacitância diminui aproximadamente na mesma proporção. A forma das placas do capacitor não produziu nenhuma diferença no valor. Da tabela referida acima foi confeccionado o gráfico 2 para verificar com mais detalhes o comportamento dos capacitores em função do tempo. Mais gráficos construídos a partir dos dados da tab. 6 podem ser vistos no anexo 3.

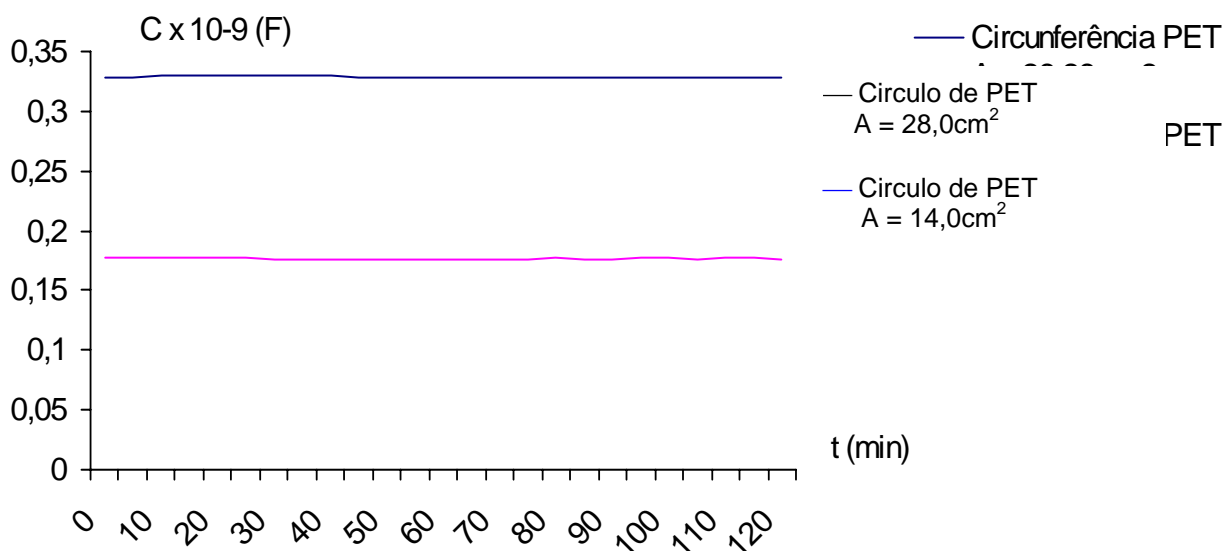


Gráfico 2: capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato circular, formadas por grafite sobre garrafa de PET, com áreas de  $28,0 \text{ cm}^2$  e  $14,0 \text{ cm}^2$ . Observa-se que o valor da capacitância é praticamente constante ao longo do tempo.

Ao darmos prosseguimento sobre a investigação das variáveis intervenientes na capacitância, passamos a verificar o comportamento da capacitância em função

da distância entre as placas do capacitor. Pintamos duas placas com grafite em dois pedaços de mesmo formato e do mesmo dielétrico, unindo os dois de forma que as faces não grafitadas se tocassem, conforme já descrito anteriormente. Usando as mesmas placas mostradas nas figuras 20 e 21, podem-se construir capacitores de capacitâncias menores, apenas incluindo um ou mais pedaços de material isolante não pintado entre as placas, como mostrado na fig. 37. Para prender as placas utilizamos prendedores de roupa, como já foi utilizado na fixação das tiras de alumínio nas associações.

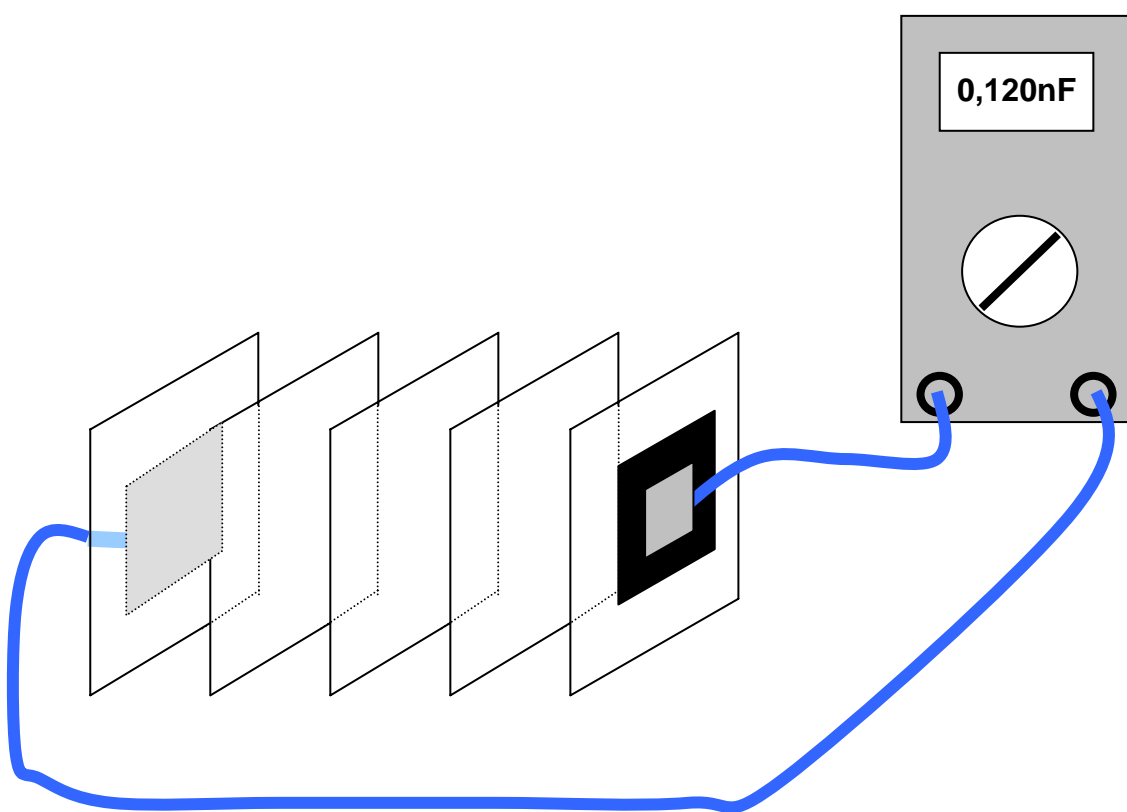


Figura 37: associando mais lâminas ao dielétrico do capacitor.

Partimos da associação de duas placas, que são as placas do próprio capacitor, e fomos, uma a uma, adicionando mais placas até o número de dez, incluindo as duas iniciais. Verificamos que o valor da capacitância decai com o

afastamento das placas de forma inversa, conforme prevê a teoria; o tipo de dielétrico, sua forma e área não afetam a constatação acima. As tab. 7, 8, 9, 10, 11 e 12 mostram os resultados conseguidos.

Retiramos alguns dados das tab. 9 e 10 para confeccionar o gráfico 3, com o objetivo de detalhar o comportamento da capacitância em função do tempo. Podemos verificar neste gráficos que a curva se assemelha à função  $f(x) = 1/x$ , onde a variável  $x$  representa a distância entre placas. Mais gráficos encontram-se no anexo 4.

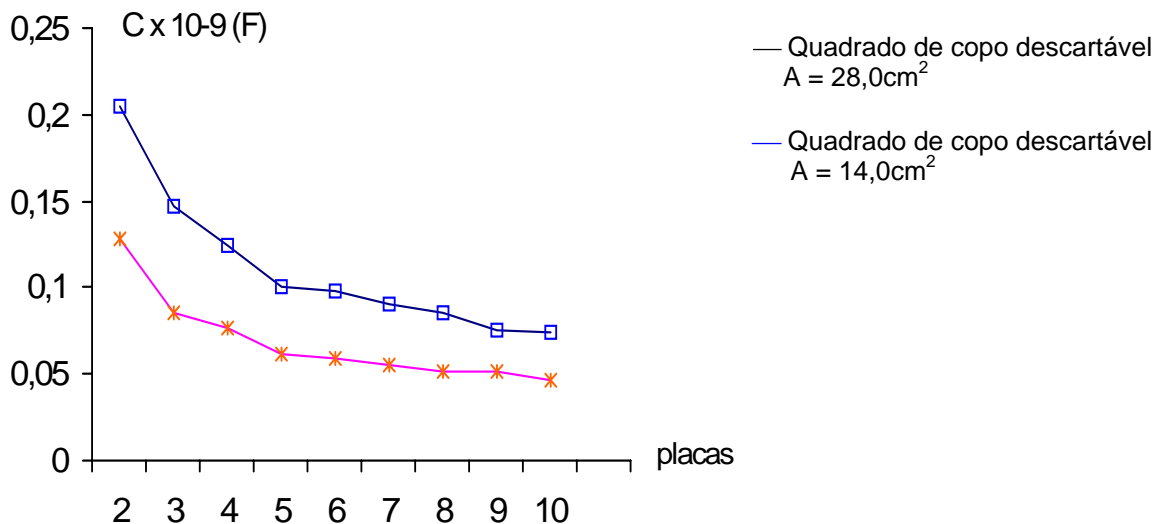


Gráfico 3: capacitância em função do distanciamento das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina. Espessura: 0,4mm.

Ao longo do trabalho aprendemos a tomar alguns cuidados quando da realização das associações em série e paralelo de capacitores de placas paralelas, independente do tipo de dielétrico utilizado.

- Para desenhar um capacitor é conveniente utilizar um material mais espesso, como cartolina ou papel cartão, para haver maior estabilidade da capacitância;



- na tentativa de desenhar capacitores iguais, adotamos o seguinte método: riscamos primeiramente o perímetro do nosso capacitor, e depois o preenchemos, com o auxílio de régua, com riscos verticais e horizontais. Os riscos de preenchimento devem ser bem uniformes, caso contrário o capacitor poderá ficar instável;
- quando da deposição do grafite sobre o dielétrico, através de riscos com o lápis, é útil o fazer em mais de uma direção, de modo a garantir que toda a superfície receba aproximadamente a mesma quantidade de grafite;
- a capacitância do capacitor de grafite no papel depende da pressão exercida pelo lápis sobre o mesmo. É conveniente utilizar sempre o mesmo lápis, do tipo 6B;
- devido às diferenças na pressão no lápis, capacitores desenhados por pessoas diferentes tendem a ter capacitâncias diferentes; como os capacitores são placas condutoras separadas por um dielétrico, desenha-se a forma do capacitor na frente do papel e, no mesmo local, atrás;
- quando o dielétrico for garrafa de PET ou copo descartável faz-se necessário primeiro lixar o dielétrico para poder receber o grafite. Utilize lixa d'água nº 240, ou semelhante, de granulação fina, para criar pequenos sulcos na superfície e melhor distribuir o grafite;
- 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 o grafite depositado nas duas faces do mesmo, ocasionando oscilação na capacitância. Por outro lado, a garrafa de PET não apresenta este problema, devido à espessura de sua parede, e também é fácil de se conseguir.

- medir a capacitância antes de associar os capacitores;
- quando forem realizadas medidas de capacitância, fazê-las utilizando sempre a mesma marca e modelo de aparelho, pois observamos que aparelhos do mesmo fabricante, mas de modelos diferentes, produziram grandes discrepâncias nos valores medidos. Isso provavelmente se deve à diferença na arquitetura interna do capacímetro.
- os capacitores associados devem ser desenhados o mais próximo possível, para evitar que a ligação entre eles interfira muito na capacitância;
- posicionar o prendedor de roupa sempre na mesma posição quando da medição da capacitância, já que sua função é aproximar as placas. Por não exercerem a mesma pressão sobre as placas do capacitor, os valores obtidos podem apresentar erros.
- as garras jacaré devem ser posicionadas sempre no mesmo local da placa do capacitor, quando da realização da medida, pois se alterarmos sua posição os valores obtidos alteram-se. As garras devem ser grandes para facilitar a medida, já que as pequenas não conseguem prender bem nas placas.

Uma das formas de se conseguir maior capacitância com a mesma área e dielétrico é enrolando um capacitor plano de placas paralelas. Isso se deve ao fato de quando enrolamos o capacitor aproximamos as placas do mesmo, como a capacitância é inversamente proporcional a distância das mesmas ao aproximarmos, por enrolamento as placas, a capacitância aumenta. Abaixo mostramos como confeccionar o referido capacitor. Necessitamos de uma tira de dielétrico (cartolina, garrafa de PET ou copo descartável), que na fig. 38 aparece com linhas de cor vermelha. Na seqüência pintamos um retângulo menor, com o grafite do lápis 6B, e prendemos em ambos os lados contatos metálicos (em nossa investigação

utilizamos fio de telefone, mas pode-se utilizar outro material metálico) que está destacado em cor azul. Para melhorar o contato do grafite com o metal, este foi moldado em forma de S, na extremidade, aumentando assim a superfície de contato, evitando que a resistência excessiva desta conexão afete em demasia os valores medidos. Em verde, pontilhado, surge a fita adesiva para cobrir o retângulo de grafite (uma das placas do capacitor) sendo que a placa do lado oposto não necessita ser recoberta pela fita, pois no enrolamento não fará contato com a placa já isolada. Mas necessita de um contato metálico, como o que podemos ver no lado esquerdo da figura. A fig. 39 mostra o capacitor de placas paralelas sendo enrolado.



Figura 38: capacitor plano de placas paralelas. O retângulo pontilhado na cor ouro é a fita adesiva para prender o eletrodo; atrás surge o outro eletrodo que deve ser moldado e preso da mesma forma.

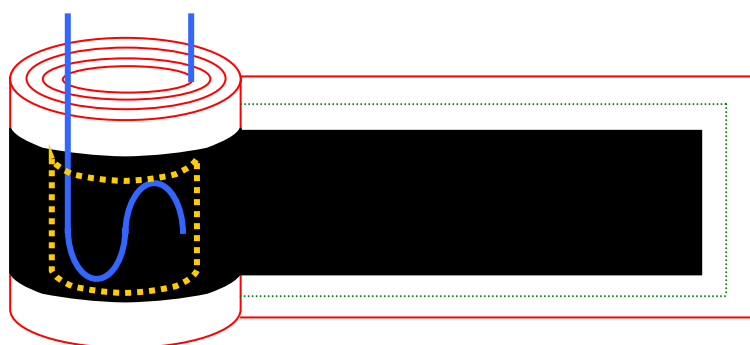


Figura 39: capacitor plano de placas paralelas sendo enrolado. A figura pontilhada na cor ouro é a fita adesiva para prender o eletrodo.

Iniciamos nova investigação com os capacitores, agora enrolando o dielétrico. Nosso objetivo foi verificar como se comportaria a capacitância de um capacitor de placas paralelas quando as placas são enroladas. Esta idéia surgiu quando lembramos de alguns capacitores comerciais que em sua confecção possuem o dielétrico enrolado. A técnica de enrolar os capacitores já foi descrita anteriormente, e ilustrada com as fig. 38 e 39. Trabalhamos com três tipos de dielétricos já conhecidos, quais sejam, cartolina, garrafa de PET e copo descartável. Para não nos confundirmos com o tipo de dielétrico, criamos um código de cores com fita adesiva colorida, onde a cartolina era envolvida com fita de cor verde, garrafa de PET com fita de cor azul e copo descartável com fita de cor amarela. Na tab. 13 apresentamos os resultados da investigação com vários capacitores enrolados e pintados com lápis tipo 6B. Como trabalhamos com vários capacitores e os mesmos aparecem em outros momentos, resolvemos identificá-los com dois algarismos, o primeiro indicando o número do teste a que pertence, na tabela, e o segundo a que capacitor nos referimos dentro do teste, já que cada teste é composto de cinco capacitores. Realizamos várias medidas e verificamos que os valores não possuem muita estabilidade, o que nos motivou a prosseguir na investigação. Os dados que estão faltando na tabela foram deixados de lado, em função dos valores coletados serem muito discrepantes. A capacitância está expressa em nF e a área em  $\text{cm}^2$ .

Os testes com capacitores de cartolina enrolados, agora com revestimento branco, continuaram, com o objetivo de verificar sua repetibilidade, e diminuir sua instabilidade para fins escolares, já que a cartolina é prática para trabalhar, e abundante nas escolas. Nesta etapa realizamos 10 testes com 10 capacitores que receberam composições diferenciadas de filmes em suas placas, de acordo com a

tab. 14. Por exemplo, partimos do modo tradicional de filme de grafite, passamos a cartolina a ferro (de passar roupa), utilizamos uma camada de lápis de cor, giz de cera, papel de seda, entre outras idéias que surgiram com o objetivo de aumentar a capacitância dos capacitores enrolados. Os resultados continuaram apontando instabilidade neste tipo de capacitor, cuja causa não ficou definitivamente definida, mas desconfiamos da fuga de corrente entre placas para explicar os resultados. Como são vários capacitores diferentes entre si, criamos outro código para identificá-los:  $C_{11}$  significa o valor da capacitância do capacitor do teste 1 aberto,  $C_{12}$  o valor da capacitância do capacitor do teste 1 fechado, e assim sucessivamente. Observe que o primeiro número indica o número do teste e o segundo se fechado ou aberto. A capacitância está expressa em nF e a área em  $\text{cm}^2$ .

No final desta série de testes foram realizadas associações de capacitores de cartolina, em paralelo, utilizando os capacitores da tab. 14. Foram feitas três associações, conforme mostrado na tab. 15, e os resultados obtidos acentuaram a necessidade de se encontrar uma maneira mais segura de trabalhar em cartolina com os alunos, nas escolas. Com esse objetivo criamos novos capacitores de cartolina, com revestimento preto, e alteramos o filme depositado sobre a cartolina, assim como a área das placas. As explicações sobre os índices dos capacitores, unidade de capacitância e área são as mesmas dadas na tab. 14, com o objetivo de podermos verificar os resultados.

É importante observar que os valores de capacitância diminuem a cada dia, porém os testes 2 e 4, da tab. 14, apresentam valores em crescimento. Talvez se deva ao fato de terem sido feitos com o grafite em cartolina quente, pois no teste número 5, da mesma tabela, apesar da cartolina ter sido aquecida, a capacitância decresceu, e a única diferença no procedimento foi o tipo de lápis. Os capacitores de

cartolina dos testes 5 e 7, da tab. 14, receberam lustro após pintura e isolamento com papel de seda, antes do revestimento, os resultados em termos de capacitância foram semelhantes, perderam praticamente a metade de seu valor. O capacitor de cartolina de teste 1, da referida tabela, não recebeu lustro ou isolamento antes de ser revestido, apenas uma camada adicional de papel sobre a placa antes de ser enrolado. Acreditamos que por esta razão sua capacitância não tenha diminuído tão rápido assim.

A instabilidade ainda persiste, não como anteriormente, nos primeiros capacitores de grafite enrolados, porém em parte, como podemos ver na tab. 16; parece ser mesmo uma característica do dielétrico cartolina. O lápis colorido apresenta vantagens sobre o giz de cera, porém os testes com aqueles não foram significativos. O lápis 6B, para capacitores de cartolina enrolados, não são recomendáveis, pois nos testes as maiores oscilações foram com o mesmo. Apesar de enrolar os capacitores com fita adesiva, isolamos com papel de seda, e revestimos novamente com fita adesiva colorida, para identificação e diminuição da influência do meio, como umidade e temperatura, mas eles ainda apresentaram oscilações na medida da capacitância. Provavelmente existem outras variáveis a interferir nos resultados. Ao final da investigação, com os capacitores de cartolina enrolados, realizamos associações em série e paralelo, utilizando capacitores das tab. 13, 14 e 16. Os resultados, apresentados na tab. 17, mostram que para certas associações os valores das capacitâncias calculadas e medidas são próximos, porém para outras associações esses valores são discrepantes, o que nos leva a adotar cautela no uso dos capacitores enrolados. A fig. 43 mostra como esses capacitores foram associados para medição da capacitância equivalente.

## 7. FALA DOS PROFESSORES

Um de nossos objetivos específicos foi realizar uma oficina no NAECIM/MCT/PUCRS para divulgar a idéia aos colegas professores de Física. Após os dois encontros que tivemos, realizamos com alguns deles curtas entrevistas com o fim de verificar qual a impressão sobre a nova técnica. De uma série de perguntas formuladas, reunimos as respostas de algumas e passamos a descrever o que os colegas relataram. O método utilizado para reunir e proceder a descrição das falas dos professores guarda alguma semelhança com o método de análise de dados chamada Análise de Conteúdo, utilizada por pessoas que realizam trabalhos de cunho qualitativo e necessitam desta ferramenta para nortear o trabalhos, detalhada no item anterior. É importante destacar que não estamos realizando literalmente uma Análise de Conteúdo, com o rigor que esta técnica manda, nas entrevistas que obtivemos, já que o foco principal não foi analisar a fala de nossos colegas para a partir daí fazer inferências, mas o desenvolvimento de uma nova técnica para estudar resistores e capacitores. Assim como a maior parte do tempo e esforços foram gastos em chegar a um ponto onde a técnica pudesse ser utilizada como um

meio de investigar os fenômenos envolvidos no estudo de resistores e capacitores e suas associações. Aos que desejarem maiores informações sobre as entrevistas podem recorrer a elas no anexo 7.

A primeira pergunta realizada teve por objetivo saber se a técnica dos resistores e capacitores era de conhecimento ou não dos colegas. A maioria respondeu que não e sequer sabia que o grafite do lápis poderia conduzir, como podemos ver na fala dessa professora *“Eu te digo que nunca pude imaginar que pudesse explorar esta técnica”*. Outra professora, além de não conhecer, já vislumbra o potencial que a utilização do grafite pode trazer, dizendo que *“Não conhecia e achei bem interessante, passando para os alunos uma coisa, utilizando um material disponível e de forma que tu tenhas condições de desenvolver em qualquer sala de aula esses experimentos”*. Mas um outro aspecto que surge é a prática como incentivadora da participação do aluno em aula; pelo que constatamos os participantes da oficina acreditam que esta forma de trabalhar resistores e capacitores pode fazer com que a maioria dos alunos participem mais das aulas, como podemos constatar *“com certeza, toda vida! Com certeza! Tudo que sai do normal numa sala de aula incentiva o aluno. Tu contares uma história de quem foi Galileu, quem foi Simon Ohm, o Ampère.”* O interesse produzido no aluno pode ajudá-lo a entender certos fenômenos do cotidiano e, como consequência irá gostar mais de estudar e mostrará maior empenho na aula, é o que outro professor diz.

Um aluno busca hoje coisas que se relacionem com o seu dia-a-dia, com o seu cotidiano e de maneira que eles consigam visualizar uma utilidade para aquilo. Quando tu trabalhas somente a parte teórica, sem dar fundamento, sem dar uma noção de aplicabilidade daquela teoria a tendência do aluno é de não entender o porquê daquilo tudo e também não compreender bem esses fenômenos.

Também foi possível verificar que a técnica pode auxiliar na aprendizagem, ou seja, com a possibilidade de manipular variáveis e poder dar certa liberdade na



criação de resistores e capacitores, alguns professores acreditam que esta forma de trabalho pode ajudar os alunos no entendimento dos respectivos conceitos, como podemos depreender da seguinte fala: *“Então numa experiência ele tem como mexer, a gente aprende mesmo manuseando, mexendo, testando, vendo ali. Ali é que vem mesmo o conhecimento. Então eu acho que isto é o conhecimento dentro da aula”*. Outro professor pensa que os alunos vão ficar mais em aula, como mostra sua fala: *“Então com essas aulas práticas, vai segurar mais o aluno dentro da aula e vai despertar mais o interesse pelo teu aprendizado”*.

O aspecto custo aparece na fala dos professores, já que para os capacitores é necessário o uso de um multímetro com função para capacitímetro, de acordo com uma professora entrevistada este problema não é difícil de resolver: *“Se bem que o aparelho com escala para capacitores também não deve ser tão caro. Ele deve fugir da faixa de R\$ 20,00 a R\$ 30,00 que é um multímetro tradicional, amarelinho, mas não deve ser muito mais do que uns R\$ 50,00 ou R\$ 80,00”*. Em parte a professora tem razão, pois existem vários tipos de multímetros com esta função no mercado, porém os interessados em adquirir tais aparelhos devem, dentro do possível, optar por um modelo que não seja o mais sofisticado mas também não seja o mais simples. Perguntamos aos colegas se eles utilizariam em suas aulas o que viram na oficina e um professor, que já possui experiência em laboratórios de universidade, nos diz:

Sim. Usaria até como eu te disse, até porque, eu fui monitor nos laboratórios 1, 2 e 3 da física. Então a gente vê assim... isso é até um experimento muito interessante. Porque a gente está acostumado a pegar do livro: resistor é "tanto", tu medes e tem que dar "tanto" . Cálculos exatos, né? E como a gente trabalha em cima de experimentos ele não vai dar exato porque sempre tem uma margem de queda, enfim. Então isto tudo dá "pano pra manga". Porque deu diferente, se era para dar cinco, por que é que deu quatro e meio? Então eu acho muito interessante isso porque puxa muito a criatividade, o querer saber porquê.

De acordo com sua fala podemos perceber que para ele a técnica permite

fugir do modelo tradicional de roteiro de laboratório, onde normalmente o aluno não é estimulado a investigar. Convidados a se manifestarem sobre o que acharam do uso do grafite para estudar resistores e capacitores, os professores se mostraram satisfeitos, por apresentar características de simplicidade e baixo custo, como podemos verificar: *“Isto te dá um custo bem mais acessível e demonstra melhor o que a gente quer .... o que agente está buscando.”*

Procuramos mostrar, com as falas dos colegas professores de Física que participaram da oficina sobre resistores e capacitores, suas impressões sobre a técnica que se baseia no uso do grafite para estudar resistores e capacitores e suas associações. Devemos destacar que, quando da realização desta oficina, ainda não tínhamos progredido muito no estudo dos capacitores, e com as idéias que ali surgiram podemos avançar muito mais. O avanço foi tal que deu origem a um artigo que está sendo escrito sobre circuitos elétricos utilizando o grafite como condutor.

## 8. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Dentro do espírito de tentar melhorar a qualidade do ensino de Física a partir da disseminação de práticas experimentais simples e de baixo custo, os resistores e capacitores de papel, cartolina e plástico representam uma técnica simples, lúdica, de implementação pouco onerosa e eficiente como auxiliar do ensino dos conceitos de resistência e capacitância elétrica e de associação de resistores e capacitores. Nos resistores investigamos a dependência da resistência com a área e comprimento do condutor e os resultados obtidos foram de boa qualidade, assim como a possibilidade de se criar resistores de formas e dimensões variadas possibilita ao estudante melhor compreensão do conceito de resistência elétrica. Igualmente as associações em série, paralelo e mista mostraram resultados aceitáveis, já que a diferença percentual no valor da resistência equivalente calculada e medida foi sempre inferior a 10%. Em relação aos capacitores, os resultados são alentadores, pois é possível criar capacitores com formas e áreas distintas com dielétricos de fácil aquisição, como por exemplo cartolina, papel e plástico; na associação em série e paralelo os resultados obtidos para a capacitância

equivalente calculada e medida também apresentam diferença percentual de 10% entre os valores. Porém, a associação mista de capacitores não produziu bons resultados, sendo que os valores obtidos para capacitância equivalente calculada e medida divergiram até 50%, provavelmente pela forma como eram associados. Também investigamos as variáveis que interferem na capacitância, como a área do capacitor e a distância entre as placas, os resultados comprovaram o que a teoria já previa. A forma do capacitor e a estabilidade do valor da capacitância ao longo do tempo foram alvo de nossas investigações, pois desconfiávamos que ambas poderiam influenciar no valor da capacitância, mas verificamos que não.

Nossa curiosidade nos levou a enrolar um capacitor de placas planas para tentar simular um capacitor comercial, e verificamos que a capacitância aumentou, após mudamos várias vezes o filme depositado sobre as placas para formar o capacitor enrolado na tentativa de aumentar ainda mais seu valor, porém não conseguimos êxito. A associação em série e paralelo desses capacitores foi o passo seguinte e os resultados apresentaram grandes variações, ora aceitáveis, ora muito discrepantes.

Acreditamos que os objetivos específicos traçados no início do trabalho foram plenamente alcançados, quais sejam: Criar atividades experimentais de caráter investigativo, avaliar preliminarmente, realizar uma oficina e escrever artigos. Os três primeiros dispensam comentários, pois já aparecem no corpo do trabalho. O quarto objetivo específico foi além do esperado, já que publicamos um primeiro artigo sobre resistores no CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física, e estamos em fase final de redação de mais dois, um sobre capacitores e o outro sobre circuitos elétricos que podem ser criados com a técnica do grafite. Este último assunto sequer estava previsto em nosso estudo, mas foi sugerido por um professor que realizou a

oficina.

Alunos do Ensino Médio dos Colégios Presidente Roosevelt, Júlio de Castilhos e do curso de Licenciatura em Física da PUCRS, tiveram contato com esta técnica. Professores do curso Pró-Ciências conheceram a técnica e gostaram, sendo que a professora Jaqueline Rosa Ludvig realizou o projeto ENSINANDO CAPACITÂNCIA COM A CONFECÇÃO DE CAPACITORES DE GRAFITE E GARRAFAS PET, com seus estudantes, no Colégio Júlio de Castilhos. A mesma professora pretende realizar seu trabalho de conclusão do curso de Física seguindo linhas de investigação que não conseguimos desenvolver devido ao tempo restrito desta pesquisa.

Recomendamos, para quem desejar prosseguir na investigação, o estudo dos circuitos elétricos que podem ser construídos com grafite sobre qualquer um dos dielétricos citados. A possibilidade de medir a carga e descarga dos capacitores, e tentar solucionar o problema da associação mista de capacitores.

Por fim, gostaríamos de manifestar nossa alegria pelo trabalho desenvolvido, pois sempre procuramos encontrar maneiras de facilitar o entendimento dos fenômenos físicos, que muitas vezes dificultam o conhecimento dos fenômenos do cotidiano, e afastam os alunos da Ciência.

**ANEXO 1**

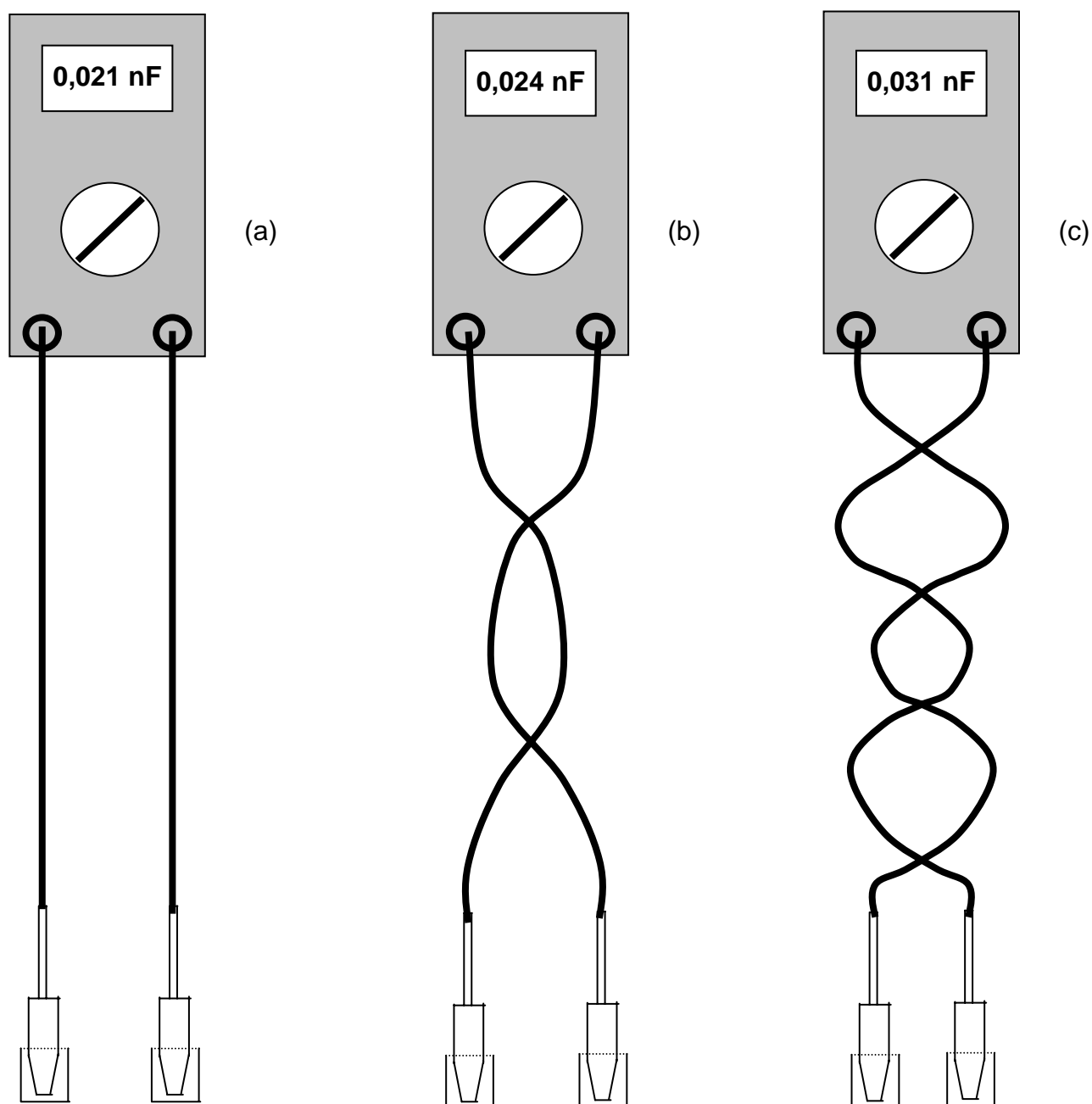


Figura 40: (a) multímetro ajustado para medir capacitâncias apresentando o valor de 0,021 nF de capacitância para o valor de fundo de escala. (b) cruzando os mesmos cabos duas vezes o valor de fundo de escala passa para 0,024 nF. (c) se cruzarmos quatro vezes os cabos o referido valor passa para 0,031 nF.

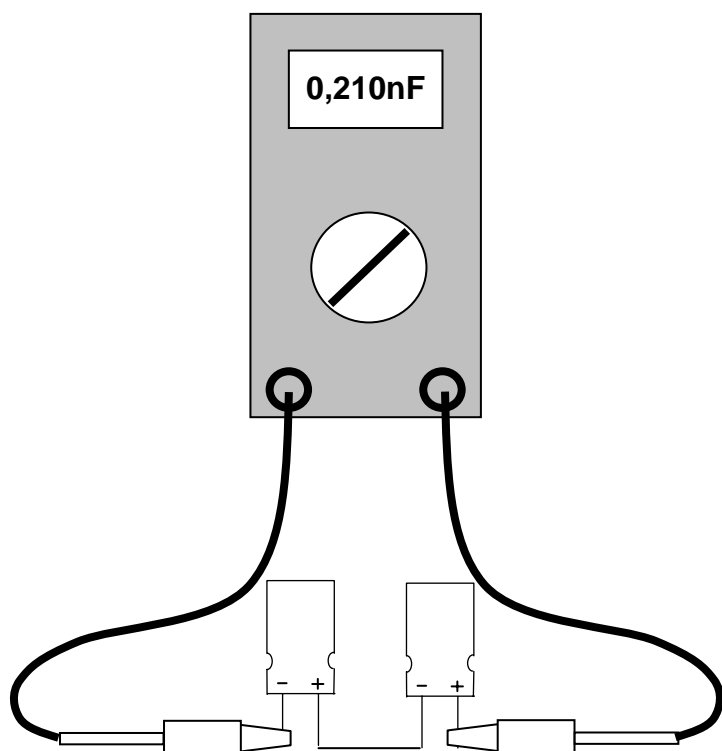


Figura 41: associação em série de capacitores

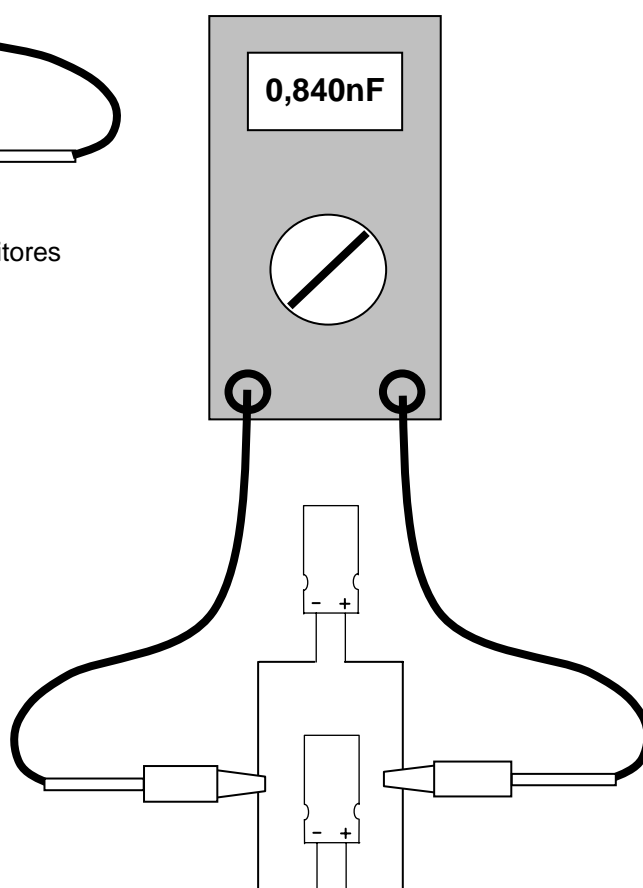


Figura 42: associação em paralelo de capacitores comerciais.



**ANEXO 2**

## **ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES DE PLACAS PARALELAS**

Apresentamos aqui mais associações em série e paralelo de capacitores de garrafas de PET e copos descartáveis, mostrados na tabela. Os capacitores foram associados de forma aleatória, dois a dois, porém é importante descrever como cada tipo de associação foi montada. Na associação em série utilizamos uma tira de papel alumínio, presa em cada placa por fita adesiva ou prendedor de roupa, para uni-las apenas de um lado da associação. Para realizarmos a medida utilizamos duas garras jacaré, ambas com uma de suas serrilhas isoladas por fragmento de garrafa de PET. No momento das ligações, ambas as serrilhas com isolamento, prendem no mesmo lado das placas da associação.

Por outro lado, a associação em paralelo é um pouco mais elaborada. Neste tipo de associação as tiras de papel alumínio, presas com prendedor de roupa ou fita adesiva, foram novamente utilizadas para unir os dois capacitores, com o cuidado de não sobrepor as tiras para não produzir um novo capacitor. Para realizarmos a medida utilizamos duas garras jacaré, ambas com uma das serrilhas isoladas por fragmento de PET. No momento de prender as garras para realizar a medida, a

serrilha isolada de uma das garras e a serrilha não isolada de outra garra, prendem no mesmo lado da associação; a cor azul atribuída à tira de alumínio, que está atrás da associação, serve apenas para destacá-la. Após a tabela mostramos quatro exemplos de associações em série e paralelo de capacitores de placas paralelas.

Tabela 5: capacitâncias individuais medidas e capacitâncias calculadas e medidas para associações

## PET

Tipo de associação de capacitores		C <sub>1</sub> (nF)	C <sub>2</sub> (nF)	C <sub>3</sub> (nF)	C <sub>4</sub> (nF)	C <sub>5</sub> (nF)	C <sub>6</sub> (nF)	C <sub>7</sub> (nF)	C <sub>8</sub> (nF)	C <sub>9</sub> (nF)	C <sub>10</sub> (nF)	C <sub>11</sub> (nF)	C <sub>12</sub> (nF)	C <sub>13</sub> (nF)	C <sub>14</sub> (nF)	Capacitância equivalente (calculada) (nF)	Capacitância equivalente (medida) (nF)
série	C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	0,583	0,662	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,310	0,319
série	C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub>	---	---	0,268	0,174	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,106	0,105
série	C <sub>5</sub> + C <sub>6</sub>	---	---	---	---	0,165	0,324	---	---	---	---	---	---	---	---	0,108	0,110
série	C <sub>7</sub> + C <sub>8</sub>	---	---	---	---	---	---	0,348	0,108	---	---	---	---	---	---	0,083	0,089
série	C <sub>9</sub> + C <sub>10</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	0,314	0,158	---	---	---	---	0,106	0,113
paralelo	C <sub>1</sub> // C <sub>2</sub>	0,583	0,662	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,25	1,22
paralelo	C <sub>3</sub> // C <sub>4</sub>	---	---	0,268	0,174	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,442	0,433
paralelo	C <sub>5</sub> // C <sub>6</sub>	---	---	---	---	0,165	0,324	---	---	---	---	---	---	---	---	0,489	0,463
paralelo	C <sub>7</sub> // C <sub>8</sub>	---	---	---	---	---	---	0,348	0,108	---	---	---	---	---	---	0,456	0,453
paralelo	C <sub>9</sub> // C <sub>10</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	0,314	0,158	---	---	---	---	0,472	0,469

## COPO DESCARTÁVEL

série	C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	0,608	0,676	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,320	0,322
série	C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub>	---	---	0,592	1,98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,456	0,459
série	C <sub>5</sub> + C <sub>6</sub>	---	---	---	---	0,954	0,659	---	---	---	---	---	---	---	---	0,390	0,395
série	C <sub>7</sub> + C <sub>8</sub>	---	---	---	---	---	---	0,290	0,463	---	---	---	---	---	---	0,178	0,182
série	C <sub>9</sub> + C <sub>10</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	0,320	0,573	---	---	---	---	0,205	0,207
série	C <sub>11</sub> + C <sub>12</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,247	0,285	---	---	0,132	0,133
série	C <sub>13</sub> + C <sub>14</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,227	0,274	0,126	0,126
paralelo	C <sub>1</sub> // C <sub>2</sub>	0,608	0,676	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,284	1,273
paralelo	C <sub>3</sub> // C <sub>4</sub>	---	---	0,592	1,98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,572	2,570
paralelo	C <sub>5</sub> // C <sub>6</sub>	---	---	---	---	0,954	0,659	---	---	---	---	---	---	---	---	1,613	1,602
paralelo	C <sub>7</sub> // C <sub>8</sub>	---	---	---	---	---	---	0,290	0,463	---	---	---	---	---	---	0,753	0,743
paralelo	C <sub>9</sub> // C <sub>10</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	0,320	0,573	---	---	---	---	0,893	0,850
paralelo	C <sub>11</sub> // C <sub>12</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,247	0,285	---	---	0,532	0,522
paralelo	C <sub>13</sub> // C <sub>14</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,227	0,274	0,501	0,490

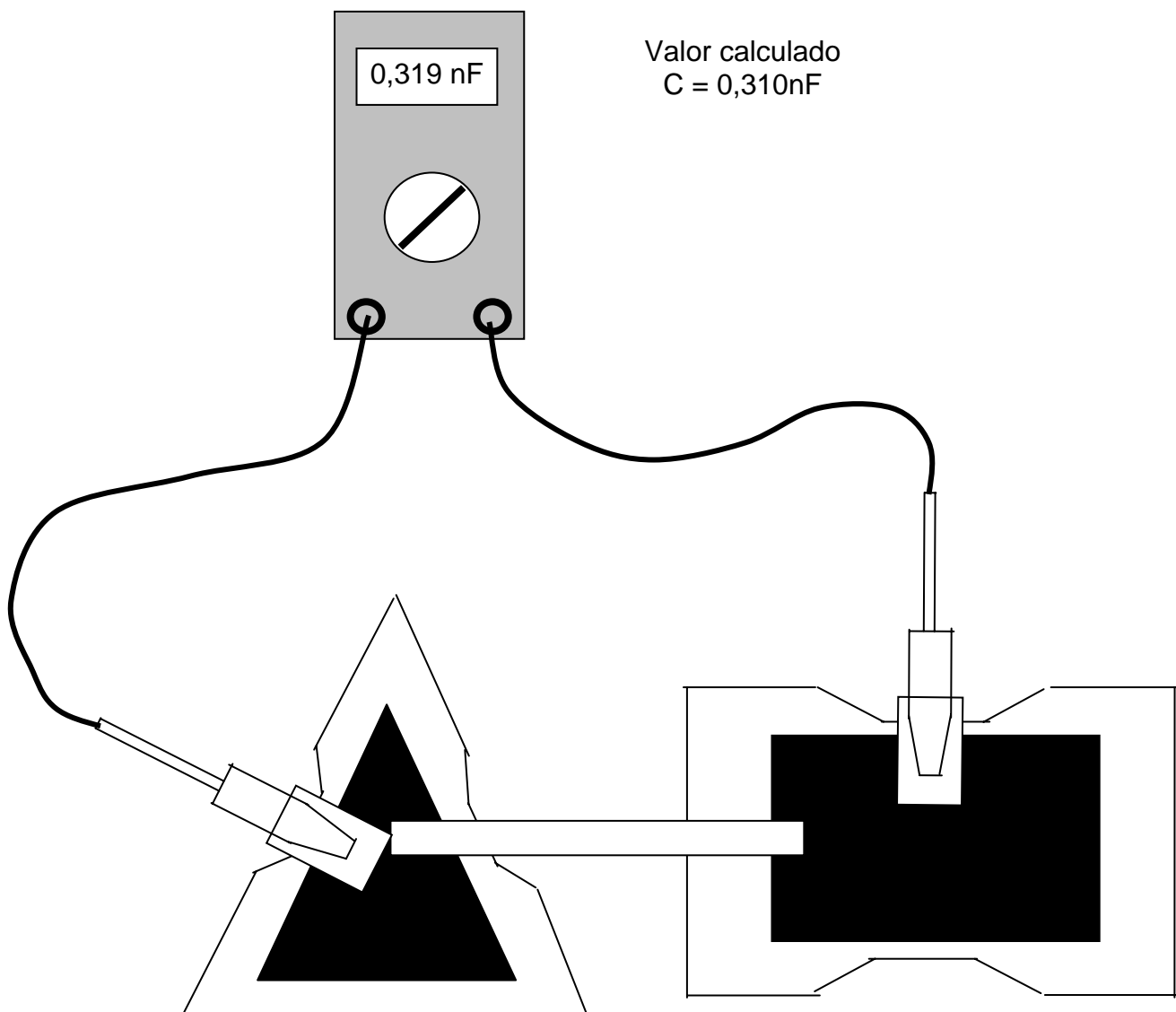


Figura 43: associação em série de dois capacitores de PET. Um capacitor de forma triangular  $C_1 = 0,583\text{nF}$ , e outro retangular cuja capacitância vale  $c_2 = 0,662\text{nF}$ . O valor indicado no capacitmetro é o valor real do capacitor equivalente da associação; ao seu lado está o valor calculado para o resistor equivalente da mesma associação. É importante notar a pequena diferença entre os dois valores.

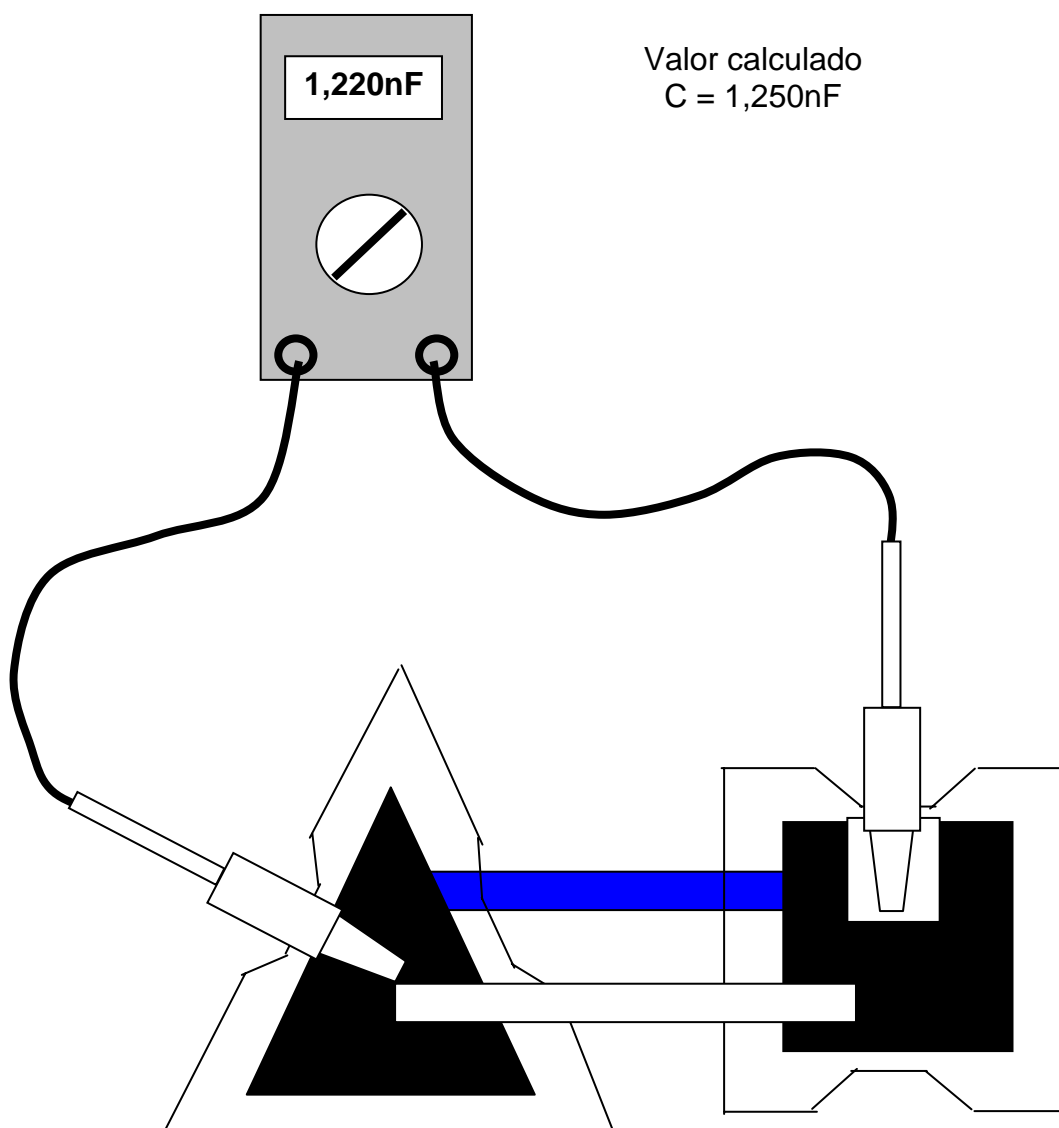


Figura 44: associação em paralelo de dois capacitores de PET. Um capacitor de forma triangular  $C_1 = 0,583\text{nF}$  e outro retangular cuja capacitância vale  $C_2 = 0,662\text{nF}$ . O valor indicado no capacitômetro é o valor real do capacitor equivalente da associação; ao seu lado está o valor calculado para o resistor equivalente da mesma associação. É importante notar a pequena diferença entre os dois valores.

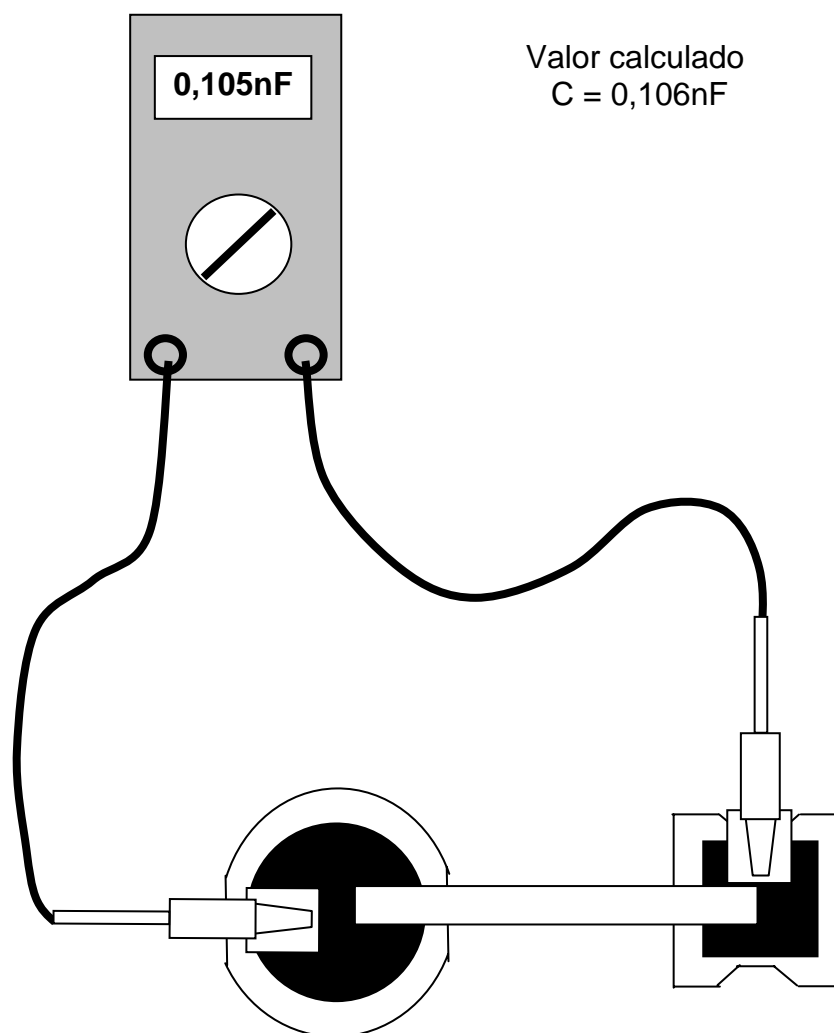


Figura 45: associação em série de dois capacitores de copo descartável. Um capacitor de forma circular  $C_3 = 0,268\text{nF}$  e outro quadrado cuja capacitância vale  $C_4 = 0,174\text{nF}$ . O valor indicado no capacitômetro é o valor real do capacitor equivalente da associação; ao seu lado está o valor calculado para o resistor equivalente da mesma associação. É importante notar a pequena diferença entre os dois valores.

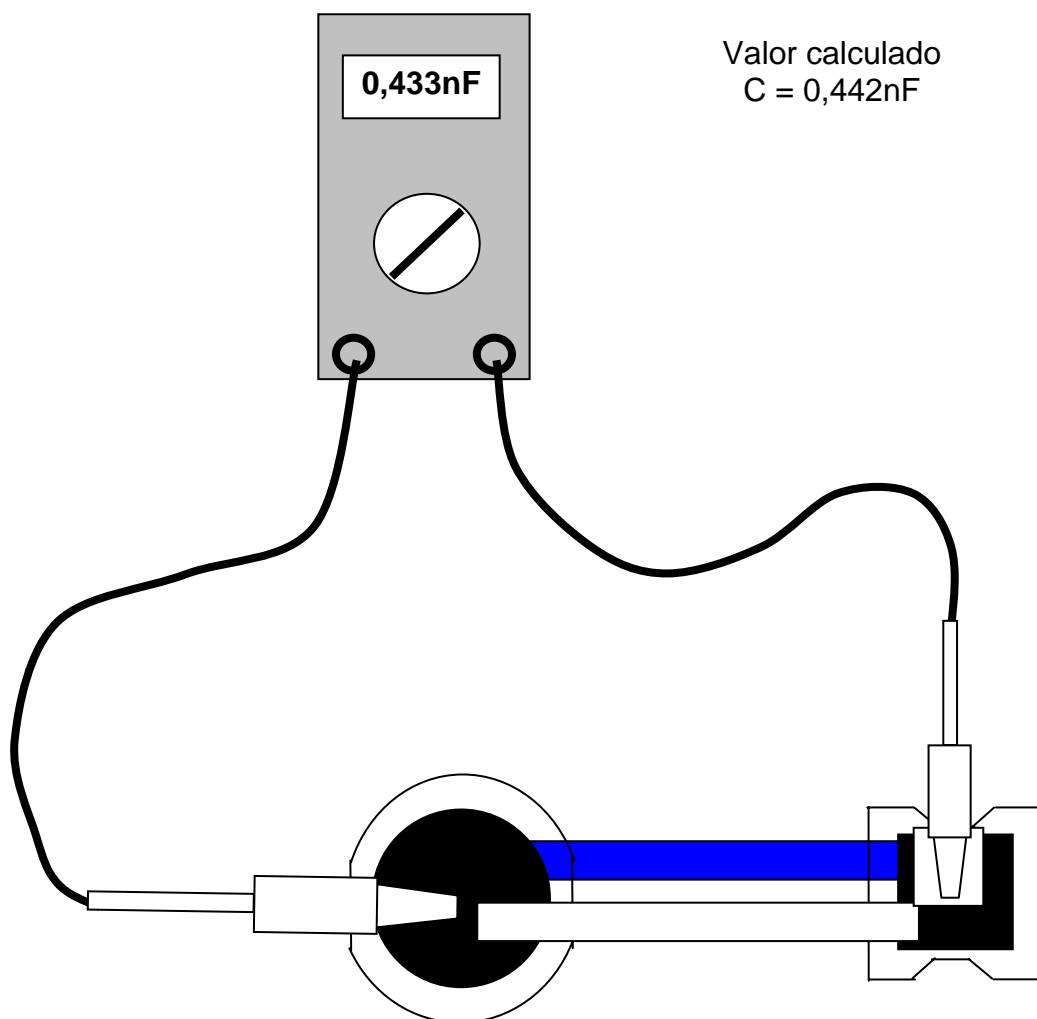


Figura 46: associação em paralelo de dois capacitores de copo descartável. Um capacitor de forma circular  $C_3 = 0,268\text{nF}$  e outro quadrada cuja capacitância vale  $C_4 = 0,174\text{nF}$ . O valor indicado no capacitômetro é o valor real do capacitor equivalente da associação; ao seu lado está o valor calculado para o resistor equivalente da mesma associação. É importante notar a pequena diferença entre os dois valores.



**ANEXO 3**

## CAPACITÂNCIA EM FUNÇÃO DO TEMPO

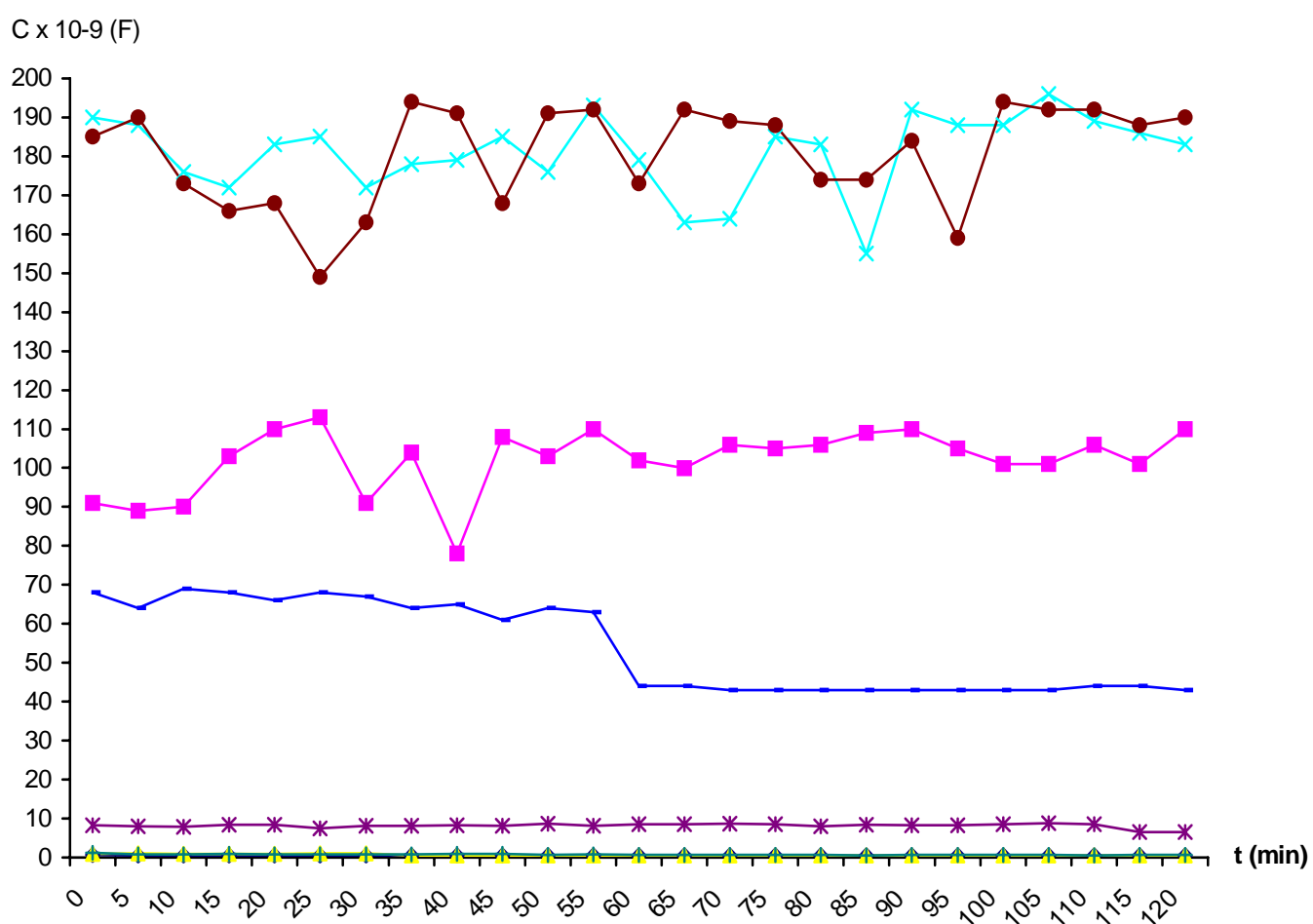


Gráfico 4: capacitância em função do tempo para capacitores com formas, áreas e dielétricos diferentes. O gráfico mostra a inconstância no valor da capacitância de alguns capacitores.

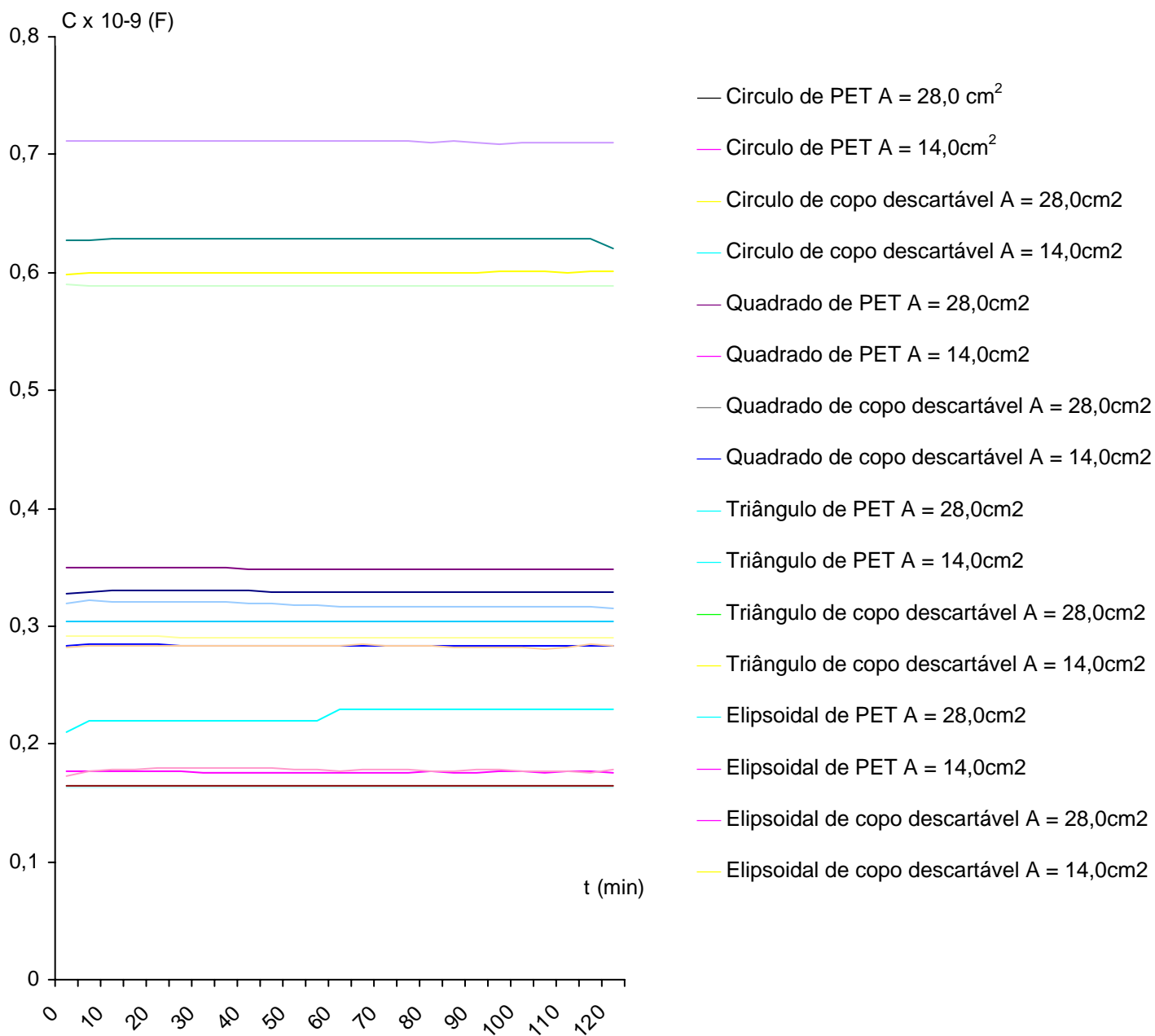


Gráfico 5: capacitância em função do tempo para capacitores de até 1nF, com áreas, formas e dielétricos diferentes.

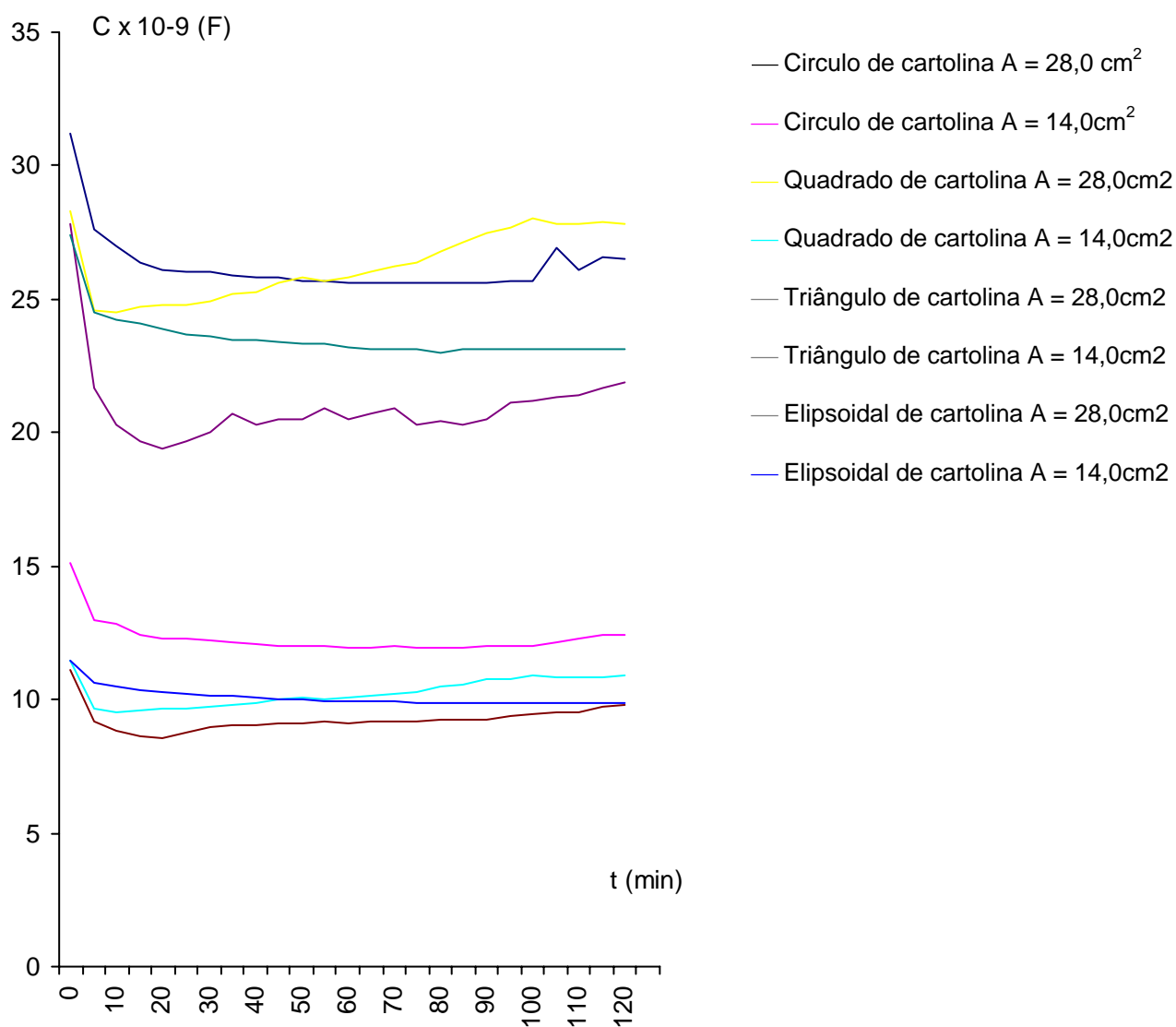


Gráfico 6: capacitância em função do tempo para capacitores acima de 9nF com áreas, formas e dielétricos diferentes.



Tabela 6: teste das capacitâncias dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina, garrafas "pet" e copos descartáveis em função do tempo, para áreas e formas diferentes. t (min.); A (cm<sup>2</sup>); C (nF)

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
circunferência de cartolina, A = 28,0	31,2	27,6	27,0	26,4	26,1	26,0	26,0	25,9	25,8	25,8	25,7	25,7	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,7	25,7	26,9	26,1	26,6	26,5
circunferência de PET, A = 28,0	0,328	0,329	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329
circunferência de copo descartável, A = 28,0	0,598	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,601	0,601	0,601	0,600	0,601	0,601
circunferência de cartolina, A = 14,0	15,11	13,01	12,87	12,45	12,32	12,26	12,19	12,13	12,08	12,01	11,98	11,98	11,96	11,95	11,99	11,96	11,95	11,96	11,99	12,03	12,04	12,18	12,31	12,44	12,44
circunferência de PET, A = 14,0	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,177	0,176	0,176	0,177	0,177	0,176	0,177	0,177	0,176
circunferência de copo descartável, A = 14,0	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
quadrado de cartolina, A = 28,0	28,3	24,6	24,5	24,7	24,8	24,8	24,9	25,2	25,3	25,6	25,8	25,7	25,8	26,0	26,2	26,4	26,8	27,1	27,5	27,7	28,0	27,8	27,8	27,9	27,8
quadrado de PET, A = 28,0	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348
quadrado de copo descartável, A = 28,0	0,627	0,627	0,628	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,620
quadrado de cartolina, A = 14,0	11,45	9,65	9,56	9,62	9,67	9,66	9,70	9,80	9,87	10,0	10,06	10,04	10,08	10,16	10,24	10,32	10,49	10,56	10,74	10,80	10,88	10,83	10,84	10,87	10,89
quadrado de PET, A = 14,0	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
quadrado de copo descartável, A = 14,0	0,283	0,284	0,284	0,284	0,284	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283
triângulo de cartolina A = 28,0	27,8	21,7	20,3	19,7	19,4	19,7	20,0	20,7	20,3	20,5	20,5	20,9	20,5	20,7	20,9	20,3	20,4	20,3	20,5	21,1	21,2	21,3	21,4	21,7	21,9
triângulo de PET A = 28,0	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
triângulo de copo descartável A = 28,0	0,590	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,589	0,589
triângulo de cartolina A = 14,0	11,09	9,2	8,86	8,66	8,59	8,74	8,94	9,05	9,01	9,09	9,13	9,18	9,13	9,18	9,18	9,19	9,23	9,22	9,28	9,41	9,48	9,51	9,56	9,70	9,79
triângulo de PET A = 14,0	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
triângulo de copo descartável A = 14,0	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290
lenticular de cartolina A = 28,0	27,4	24,5	24,2	24,1	23,9	23,7	23,6	23,5	23,5	23,4	23,3	23,3	23,2	23,1	23,1	23,1	23,0	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1
lenticular de PET A = 28,0	0,319	0,322	0,321	0,321	0,321	0,320	0,320	0,320	0,319	0,319	0,318	0,318	0,317	0,317	0,316	0,316	0,316	0,316	0,317	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,315
lenticular de copo descartável A = 28,0	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,710	0,711	0,710	0,709	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
lenticular de cartolina A = 14,0	11,44	10,64	10,49	10,38	10,30	10,23	10,16	10,12	10,08	10,03	9,99	9,97	9,94	9,92	9,91	9,89	9,87	9,87	9,87	9,88	9,89	9,90	9,89	9,90	9,90
lenticular de PET A = 14,0	0,173	0,177	0,178	0,178	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,178	0,178	0,177	0,178	0,178	0,178	0,177	0,177	0,178	0,178	0,177	0,177	0,177	0,176	0,178
lenticular de copo descartável A = 14,0	0,282	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,284	0,283	0,283	0,283	0,282	0,282	0,282	0,282	0,281	0,282	0,284	0,283

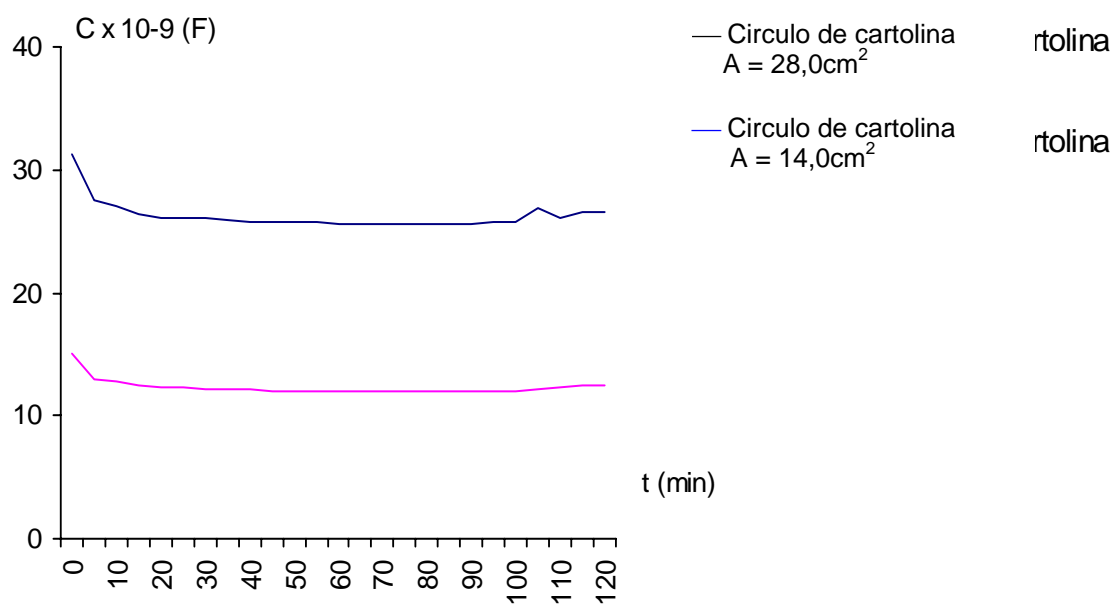


Gráfico 7: capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato circular, formadas por grafite sobre cartolina, com áreas de  $28,0\text{cm}^2$  e  $14,0\text{cm}^2$ . Observa-se que a estabilidade no valor da capacitância só foi conseguida após certo tempo.

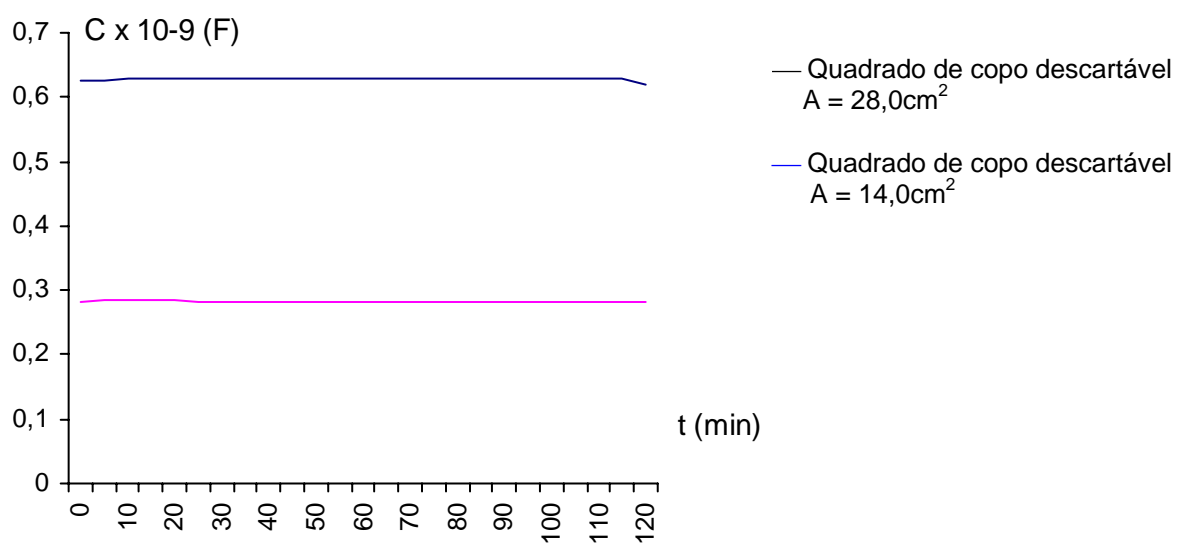


Gráfico 8: capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato quadrado, formadas por grafite sobre copo descartável, com áreas de  $28,0\text{cm}^2$  e  $14,0\text{cm}^2$ . Observa-se que o valor da capacitância é estável para os dois capacitores ao longo do tempo.



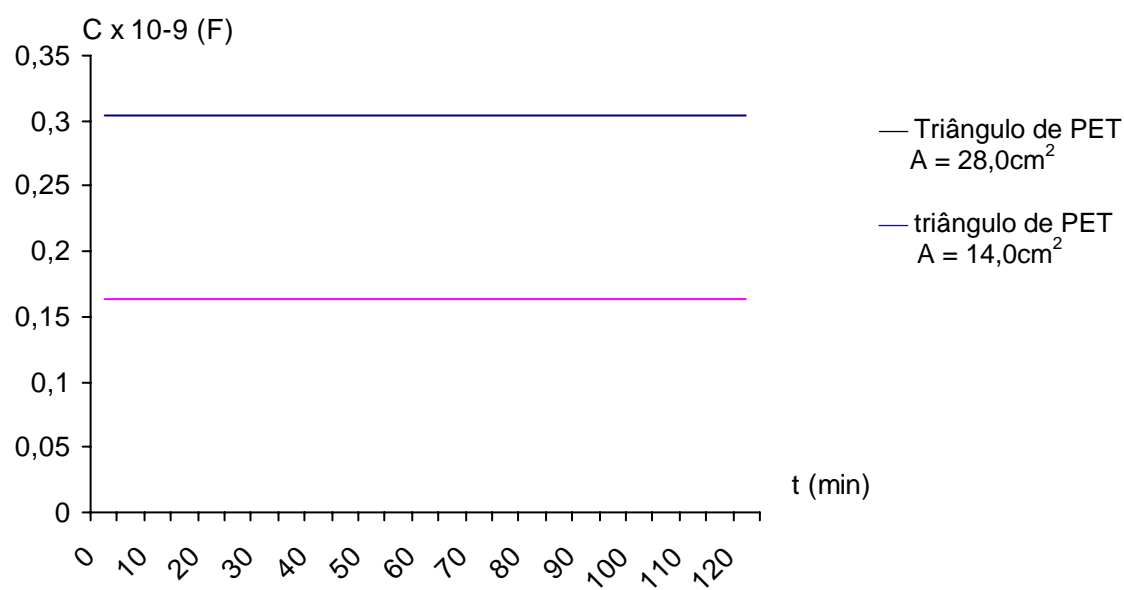


Gráfico 9: capacitância em função do tempo de capacitores de placas paralelas em formato triangular, formadas por grafite sobre garrafa de PET, com áreas de  $28,0\text{cm}^2$  e  $14,0\text{cm}^2$ . Observa-se que o valor da capacitância é estável para os dois capacitores ao longo do tempo.

**ANEXO 4**

## CAPACITÂNCIA EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA

Tabela 7: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina para áreas iguais e formatos diferentes. A ( $\text{cm}^2$ ), C (nF), espessura do dielétrico: 0,4mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de cartolina, A = 28,0	2,12	1,17	0,98	0,88	0,79	0,70	0,67	0,60	0,56
quadrado de cartolina, A = 28,0	2,24	1,58	1,21	0,99	0,95	0,92	0,75	0,61	0,61
triângulo de cartolina A = 28,0	2,82	1,41	1,15	0,99	0,88	0,82	0,77	0,68	0,62
elipsoidal de cartolina A = 28,0	2,33	1,53	1,30	1,05	0,97	0,90	0,74	0,70	0,68

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de cartolina, A = 28,0	xxxxx	0,95	0,19	0,10	0,09	0,09	0,03	0,07	0,04
quadrado de cartolina, A = 28,0	xxxxx	0,66	0,37	0,22	0,04	0,03	0,17	0,14	0,0
triângulo de cartolina A = 28,0	xxxxx	1,41	0,26	0,16	0,11	0,06	0,05	0,09	0,06
elipsoidal de cartolina A = 28,0	xxxxx	0,80	0,23	0,25	0,08	0,07	0,16	0,04	0,02

Tabela 8: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre cartolina para áreas iguais e formatos diferentes. A (cm<sup>2</sup>), C (nF), espessura do dielétrico: 0,4mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de cartolina, A = 14,0	1,35	0,85	0,61	0,52	0,48	0,44	0,44	0,38	0,34
quadrado de cartolina, A = 14,0	1,76	1,10	0,87	0,82	0,67	0,63	0,59	0,59	0,58
triângulo de cartolina A = 14,0	1,14	0,72	0,58	0,55	0,51	0,46	0,40	0,38	0,34
elipsoidal de cartolina A = 14,0	0,99	0,69	0,54	0,41	0,37	0,35	0,31	0,28	0,27

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de cartolina, A = 14,0	xxxxx	0,50	0,24	0,09	0,04	0,04	0	0,06	0,04
quadrado de cartolina, A = 14,0	xxxxx	0,66	0,23	0,05	0,15	0,04	0,04	0	0,01
triângulo de cartolina A = 14,0	xxxxx	0,42	0,14	0,03	0,04	0,05	0,06	0,02	0,04
elipsoidal de cartolina A = 14,0	xxxxx	0,30	0,15	0,13	0,04	0,02	0,04	0,03	0,01

Tabela 9: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre copos descartáveis para área iguais e formatos diferentes. A ( $\text{cm}^2$ ), C (nF), espessura do dielétrico: 0,1mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de copo descartável, A = 28,0	0,217	0,123	0,112	0,096	0,085	0,082	0,077	0,077	0,074
quadrado de copo descartável, A = 28,0	0,205	0,147	0,124	0,101	0,098	0,090	0,085	0,076	0,074
triângulo de copo descartável, A = 28,0	0,275	0,158	0,129	0,119	0,109	0,098	0,095	0,089	0,084
elipsoidal de copo descartável, A = 28,0	0,278	0,192	0,158	0,142	0,136	0,115	0,112	0,108	0,108

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de copo descartável, A = 28,0	xxxxx	0,094	0,011	0,016	0,011	0,003	0,005	0	0,003
quadrado de copo descartável, A = 28,0	xxxxx	0,058	0,023	0,023	0,003	0,008	0,005	0,009	0,002
triângulo de copo descartável, A = 28,0	xxxxx	0,117	0,029	0,010	0,010	0,011	0,003	0,006	0,005
elipsoidal de copo descartável, A = 28,0	xxxxx	0,086	0,034	0,016	0,006	0,021	0,003	0,004	0

Tabela 10: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre copos descartáveis para área iguais e formatos diferentes. A ( $\text{cm}^2$ ), C (nF), espessura do dielétrico: 0,1mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de copo descartável, A = 14,0	0,119	0,074	0,070	0,058	0,050	0,050	0,049	0,048	0,046
quadrado de copo descartável, A = 14,0	0,128	0,086	0,077	0,062	0,059	0,055	0,052	0,051	0,047
triângulo de copo descartável, A = 14,0	0,133	0,105	0,099	0,075	0,068	0,056	0,050	0,050	0,049
elipsoidal de copo descartável, A = 14,0	0,174	0,124	0,108	0,088	0,078	0,065	0,065	0,059	0,057

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de copo descartável, A = 14,0	xxxxx	0,045	0,004	0,012	0,008	0	0,001	0,001	0,002
quadrado de copo descartável, A = 14,0	xxxxx	0,042	0,009	0,015	0,003	0,004	0,003	0,001	0,004
triângulo de copo descartável, A = 14,0	xxxxx	0,028	0,006	0,024	0,007	0,012	0,006	0	0,001
elipsoidal de copo descartável, A = 14,0	xxxxx	0,050	0,016	0,020	0,010	0,013	0	0,006	0,002

Tabela 11: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre garrafas de PET para área iguais e formatos diferentes. A (cm<sup>2</sup>), C (nF), espessura do dielétrico: 0,3mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de garrafa de PET, A = 28,0	0,111	0,082	0,074	0,065	0,059	0,054	0,050	0,049	0,045
quadrado de garrafa de PET, A = 28,0	0,098	0,075	0,062	0,055	0,052	0,049	0,048	0,043	0,043
triângulo de garrafa de PET, A = 28,0	0,066	0,061	0,053	0,048	0,044	0,041	0,039	0,037	0,034
elipsoidal de garrafa de PET, A = 28,0	0,129	0,103	0,089	0,079	0,077	0,069	0,069	0,059	0,059

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de garrafa de PET, A = 28,0	xxxxx	0,028	0,008	0,009	0,006	0,005	0,004	0,001	0,004
quadrado de garrafa de PET, A = 28,0	xxxxx	0,023	0,013	0,007	0,003	0,003	0,001	0,005	0,0
triângulo de garrafa de PET, A = 28,0	xxxxx	0,005	0,008	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,003
elipsoidal de garrafa de PET, A = 28,0	xxxxx	0,026	0,014	0,010	0,002	0,008	0,0	0,010	0,0

Tabela 12: teste da capacitância em função da distância das placas dos capacitores de placas paralelas, formadas por grafite sobre garrafas de PET para área iguais e formatos diferentes. A ( $\text{cm}^2$ ), C (nF), espessura do dielétrico: 0,3mm.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de garrafa de PET, A = 14,0	0,084	0,056	0,045	0,044	0,040	0,034	0,037	0,032	0,031
quadrado de garrafa de PET, A = 14,0	0,077	0,062	0,050	0,046	0,042	0,042	0,038	0,035	0,031
triângulo de garrafa de PET, A = 14,0	0,046	0,043	0,037	0,034	0,033	0,033	0,032	0,030	0,029
elipsoidal de garrafa de PET, A = 14,0	0,080	0,064	0,056	0,050	0,048	0,049	0,048	0,042	0,037

DIFERENÇA DE CAPACITÂNCIAS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PLACAS, EM CADA FIGURA GEOMÉTRICA.

	2 placas	3 placas	4 placas	5 placas	6 placas	7 placas	8 placas	9 placas	10 placas
círculo de garrafa de PET, A = 14,0	xxxxx	0,028	0,011	0,001	0,004	0,006	0,003	0,005	0,001
quadrado de garrafa de PET, A = 14,0	xxxxx	0,015	0,012	0,004	0,004	0,0	0,004	0,003	0,004
triângulo de garrafa de PET, A = 14,0	xxxxx	0,003	0,006	0,003	0,001	0,0	0,001	0,002	0,001
elipsoidal de garrafa de PET, A = 14,0	xxxxx	0,016	0,008	0,006	0,002	0,001	0,001	0,006	0,005



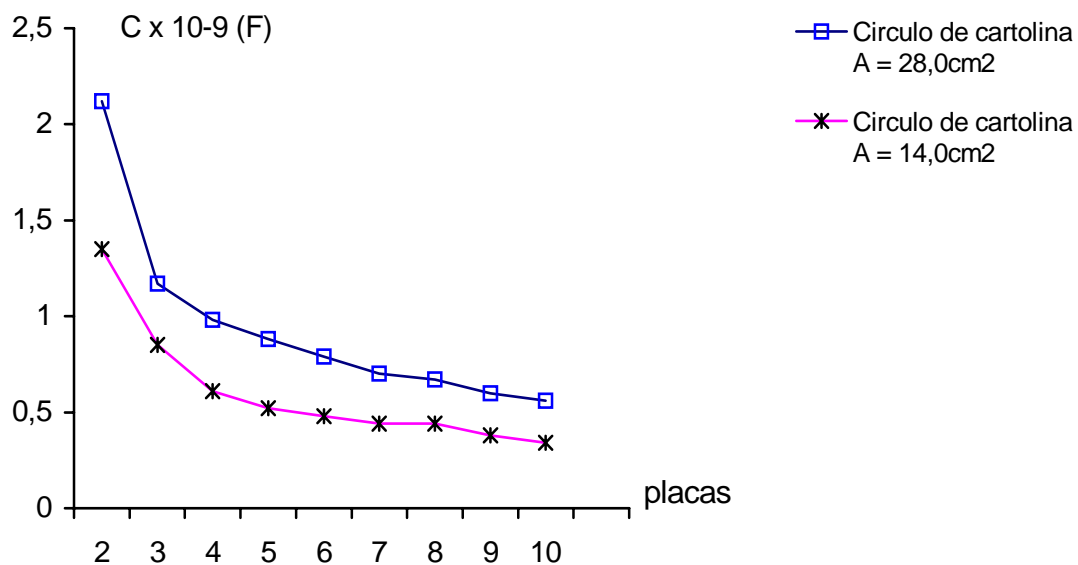


Gráfico 10: capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre cartolina e com formato circular, para áreas de 28,0cm<sup>2</sup> e 14,0cm<sup>2</sup>. Espessura do dielétrico 0,4mm.

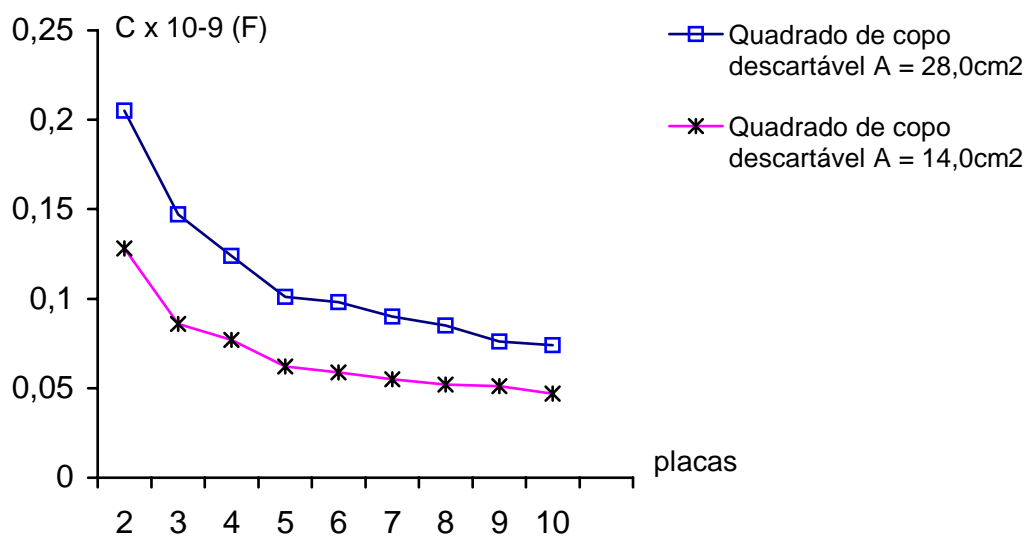


Gráfico 11: capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre copo descartável e com formato quadrado, para áreas de 28,0cm<sup>2</sup> e 14,0cm<sup>2</sup>. Espessura do dielétrico 0,1mm.

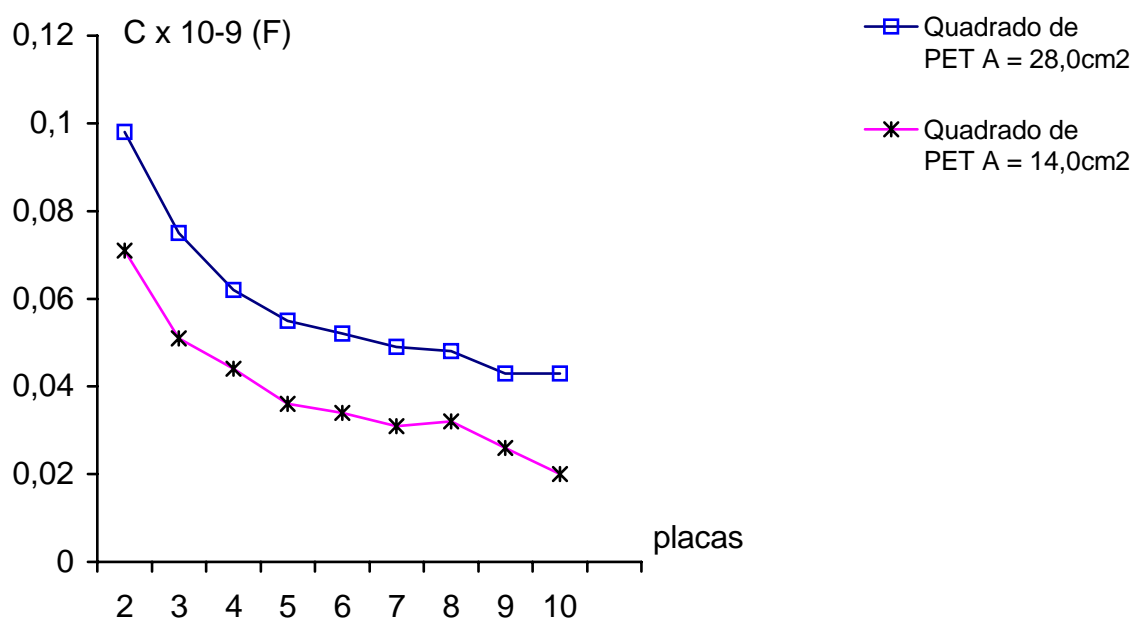


Gráfico 12: capacitância em função da distância entre as placas do capacitor de placas paralelas, formado pela deposição de grafite sobre garrafa de PET e com formato circular, para áreas de  $28,0 \text{ cm}^2$  e  $14,0 \text{ cm}^2$ . Espessura do dielétrico 0,3mm.

**ANEXO 5**

Tabela 13: valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, durante um intervalo de tempo de 18 dias.

		<b>CARTOLINA</b>				
T E S T E 1	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor aberto					
	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	
	138,7	63,8	43,2	25,7	17,93	
	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor fechado					
	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>14</sub>	
	49,8	32,9	14,7	22,1	15,53	
T E S T E 2	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor aberto					
	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>24</sub>	C <sub>25</sub>	
	49,3	9,8	34,3	145,3	5,76	
	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor fechado					
	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>24</sub>	C <sub>25</sub>	
	42,7	7,5	19,9	120,2	17,9	
		<b>GARRAFA PET</b>				
T E S T E 3	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor aberto					
	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>34</sub>	C <sub>35</sub>	
	0,322	0,363	0,350	0,363	0,376	
	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor fechado					
	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>34</sub>	C <sub>35</sub>	
	0,572	0,724	0,703	0,710	0,600	
T E S T E 4	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 03/08/03 – Capacitor fechado					
	C <sub>41</sub>	C <sub>42</sub>	C <sub>43</sub>	C <sub>44</sub>	C <sub>45</sub>	
	0,575	0,765	0,650	0,867	0,657	
T E	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 05/08/03 – Capacitor fechado					
	C <sub>51</sub>	C <sub>52</sub>	C <sub>53</sub>	C <sub>54</sub>	C <sub>55</sub>	

S T E 5	0,572	0,758	0,678	0,822	0,643
T E S T E 6	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 09/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>61</sub>	C <sub>62</sub>	C <sub>63</sub>	C <sub>64</sub>	C <sub>65</sub>
	0,542	0,702	0,599	0,697	0,568
T E S T E 7	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 13/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>71</sub>	C <sub>72</sub>	C <sub>73</sub>	C <sub>74</sub>	C <sub>75</sub>
	0,561	0,764	0,616	0,750	0,595
T E S T E 8	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 - Capacitor aberto				
	C <sub>81</sub>	C <sub>82</sub>	C <sub>83</sub>	C <sub>84</sub>	C <sub>85</sub>
	0,185	0,178	0,204	0,215	0,178
	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>81</sub>	C <sub>82</sub>	C <sub>83</sub>	C <sub>84</sub>	C <sub>85</sub>
	0,383	0,356	0,387	0,387	0,395
T E S T E 9	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 03/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>91</sub>	C <sub>92</sub>	C <sub>93</sub>	C <sub>94</sub>	C <sub>95</sub>
	0,371	0,361	0,420	0,402	0,392
T E S T E 10	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 05/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>101</sub>	C <sub>102</sub>	C <sub>103</sub>	C <sub>104</sub>	C <sub>105</sub>
	0,370	0,352	0,396	0,412	0,405
T E S T E 11	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 09/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>111</sub>	C <sub>112</sub>	C <sub>113</sub>	C <sub>114</sub>	C <sub>115</sub>
	0,354	0,329	0,362	0,371	0,370
T E S T E 12	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 13/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>121</sub>	C <sub>122</sub>	C <sub>123</sub>	C <sub>124</sub>	C <sub>125</sub>
	0,370	0,348	0,373	0,396	0,392
T E S T E 13	<b>COPO DESCARTÁVEL</b>				
	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 – Capacitor aberto				
	C <sub>131</sub>	C <sub>132</sub>	C <sub>133</sub>	C <sub>134</sub>	C <sub>135</sub>
	0,461	0,505	0,551	0,549	0,037
	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 27/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>131</sub>	C <sub>132</sub>	C <sub>133</sub>	C <sub>134</sub>	C <sub>135</sub>

	0,620	0,906	0,939	1,028	0,019
T E S T E 14	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 03/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>141</sub>	C <sub>142</sub>	C <sub>143</sub>	C <sub>144</sub>	C <sub>145</sub>
	0,076	0,967	0,969	1,040	
T E S T E 15	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 05/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>151</sub>	C <sub>152</sub>	C <sub>153</sub>	C <sub>154</sub>	C <sub>155</sub>
	0,041	0,920	0,941	1,038	
T E S T E 16	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 09/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>161</sub>	C <sub>162</sub>	C <sub>163</sub>	C <sub>154</sub>	C <sub>165</sub>
	0,021	0,875	0,907	1,031	
T E S T E 17	A = 28,0cm <sup>2</sup> , 13/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>171</sub>	C <sub>172</sub>	C <sub>173</sub>	C <sub>174</sub>	C <sub>175</sub>
	0,024	0,887	0,914	1,039	
T E S T E 18	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 – Capacitor aberto				
	C <sub>181</sub>	C <sub>182</sub>	C <sub>183</sub>	C <sub>184</sub>	C <sub>185</sub>
	0,316	0,245	0,338	0,313	0,345
	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 27/07/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>171</sub>	C <sub>172</sub>	C <sub>173</sub>	C <sub>174</sub>	C <sub>175</sub>
	0,568	0,417	0,529	0,592	2,58μ
T E S T E 19	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 03/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>191</sub>	C <sub>192</sub>	C <sub>193</sub>	C <sub>194</sub>	C <sub>195</sub>
	0,637	0,450	0,563	0,608	
T E S T E 20	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 05/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>201</sub>	C <sub>202</sub>	C <sub>203</sub>	C <sub>204</sub>	C <sub>205</sub>
	0,578	0,438	0,552	0,584	
T E S T E 21	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 09/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>211</sub>	C <sub>212</sub>	C <sub>213</sub>	C <sub>214</sub>	C <sub>215</sub>
	0,541	0,402	0,529	0,550	
T E S T E 22	A = 14,0cm <sup>2</sup> , 13/08/03 – Capacitor fechado				
	C <sub>221</sub>	C <sub>222</sub>	C <sub>223</sub>	C <sub>224</sub>	C <sub>225</sub>
	0,556	0,420	0,537	0,567	

Tabela 14: valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, com variação no filme depositado para formar as placas, durante um intervalo de tempo de 17 dias.

T E S 1 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>11</sub>	0,313				
	C <sub>12</sub>	0,980 e 0,623*	0,613	0,680	0,380	0,504
Utilizando raspa de grafite depositada com suavidade sobre a cartolina. Pouca estabilidade. A = 14,0cm <sup>2</sup>						
T E S 2 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>21</sub>	0,040				
	C <sub>22</sub>	0,254 e 0,158*	0,530	0,702	0,406	0,575
Utilizando cartolina passada à ferro e pintada com grafite. A cartolina foi passada a ferro antes de receber o grafite e fechada quente. A capacitância é mais estável, porém consideravelmente menor do que no teste 1. A = 14,0cm <sup>2</sup> .						
T E S 3 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>31</sub>	9,78				
	C <sub>32</sub>	19,9 e 18,8*	17,35	21,3	13,02	17,75
Utilizando cartolina passada à ferro e pintada com grafite, porém fechada após resfriar. A = 14,0cm <sup>2</sup> .						
T E S 4 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>41</sub>	1,480				
	C <sub>42</sub>	1,838 e 3,040*	11,13	15,25	13,1	13,50
Utilizando cartolina passada à ferro e pintada com grafite, porém fechada após esfriar. A = 14,0cm <sup>2</sup> .						
T E S 5 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>51</sub>	0,024				
	C <sub>52</sub>	0,063	0,063	0,060	0,021	0,058
Utilizando cartolina passada à ferro e lápis de cor roxo. O lápis de colorir fornece melhores resultados do que o grafite 6B, mas o calor diminui a capacitância inicial.						
T E S 6 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>61</sub>	0,103				
	C <sub>62</sub>	0,441	0,404	0,496	0,245	0,299
Utilizando cartolina resfriada e lápis de cor roxo. A capacitância aumentou em relação ao teste 5.						
T E S 7 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>71</sub>	0,055				
	C <sub>72</sub>	0,145	0,109	0,135	0,092	0,145
Utilizando cartolina passada à ferro e lápis de cor preto. Fechada a quente. A = 14,0cm <sup>2</sup>						
T E S 8 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>81</sub>	0,105				
	C <sub>82</sub>	0,340 e 0,313*	0,195	0,209	0,115	0,146
Utilizando cartolina sem passar à ferro e lápis de cor preto. A capacitância continua a manter-se mais elevada do que a cartolina à ferro. A = 14,0cm <sup>2</sup>						



T E S 9 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>91</sub>	0,143				
	C <sub>92</sub>	0,420 e 0,315*	0,277	0,356	0,198	0,308
	Utilizando cartolina sem passar à ferro e lápis de cor vermelho. A = 28,0 cm <sup>2</sup>					
T E S 10 T E		28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
	C <sub>101</sub>	0,113				
	C <sub>102</sub>	0,505	0,435	0,652	0,338	0,409
	Utilizando cartolina com giz de cera. Resultados não mostram alterações significativas. A = 14,0cm <sup>2</sup>					

\* Duas medidas de capacitância no mesmo dia.

Tabela 15: capacitâncias individuais medidas e capacitâncias calculadas e medidas para associação em paralelo dos capacitores enrolados.

Tipo de associação de capacitores	C <sub>12</sub> (nF)	C <sub>22</sub> (nF)	C <sub>32</sub> (nF)	C <sub>42</sub> (nF)	C <sub>52</sub> (nF)	C <sub>62</sub> (nF)	C <sub>72</sub> (nF)	C <sub>82</sub> (nF)	C <sub>92</sub> (nF)	C <sub>102</sub> (nF)	Capacitância equivalente (calculada) (nF)	Capacitância equivalente (medida) (nF)
paralelo C <sub>32</sub> // C <sub>62</sub> // C <sub>92</sub>	---	---	18,8	---	---	0,441	---	---	0,315	---	19,56	13,6
paralelo C <sub>22</sub> // C <sub>42</sub> // C <sub>72</sub>	---	0,158	---	3,040	---	---	0,145	---	---	---	3,34	3,79
paralelo C <sub>12</sub> // C <sub>52</sub> // C <sub>82</sub>	0,623	---	---	---	0,063	---	---	0,313	---	---	1,0	0,940

O erro na primeira associação talvez possa ser atribuído não só a instabilidade, mas também à quantidade de metal que se soma aos capacitores para colocá-los em paralelo. Foi observado experimentalmente que quanto maior o número de capacitores associados, maior a diferença entre os valores calculados e os valores lidos no multímetro. Nesta associação a diferença entre valor calculado e medido foi em torno de 40%. Na segunda associação as possíveis causas para explicar as diferenças são mencionadas anteriormente e o erro ficou em torno de 14%. Estes erros percentuais são bastante altos, para que se possa trabalhar com alunos nesta técnica. Em vista disto foram feitos mais testes com cartolina, com a intenção de minimizar estas diferenças.

Tabela 16: valores das capacitâncias dos capacitores abertos e fechados, com variação no filme depositado para formar as placas, para 8 testes realizados, durante um intervalo de tempo de 17 dias.

	28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03
T E S T E 1	C <sub>11</sub>	0,187			
	C <sub>12</sub>	0,758	0,303	0,426	0,160
	Utilizando cartolina e giz de cera preto, com camada intermediária de papel de seda. O capacitor depois de enrolado continua aumentando a capacitância até atingir 0,758. A = 14,0cm <sup>2</sup> .				
T E S T E 2	C <sub>21</sub>	0,174			
	C <sub>22</sub>	0,497	0,358	0,390	0,211
	Utilizando cartolina e giz de cera preto, com camada intermediária de papel de seda e envolvido no mesmo papel antes do revestimento com fita adesiva preta. A = 14,0cm <sup>2</sup>				
T E S T E 3	C <sub>31</sub>	0,279			
	C <sub>32</sub>	0,517	0,383	0,469	0,267
	Utilizando cartolina e giz de cera preto com camada intermediária de papel de seda e envolvido no mesmo papel antes do revestimento. O giz de cera foi lustrado com algodão, após aplicação em uma das faces. A = 14,0cm <sup>2</sup>				
T E S T E 4	C <sub>41</sub>	1,23			
	C <sub>42</sub>	1,330	0,640	0,717	0,328
	Utilizando cartolina e grafite 6B, sem camada intermediária e isolada com seda antes do revestimento. A capacitância é pequena, porém a estabilidade aumenta. Uma das faces foi lustrada antes de enrolar. A = 14,0cm <sup>2</sup>				
T E S T E 5	C <sub>51</sub>	0,244			
	C <sub>52</sub>	0,828	0,325	0,386	0,222
	Utilizando cartolina e lápis de colorir preto e isolando com papel de seda antes do revestimento. Após pintado, foi feito lustro na parte branca do papel cartolina. A outra parte foi isolada com fita durex. A estabilidade A aumentou ainda mais. A = 14,0cm <sup>2</sup> .				
T E S T E 6	C <sub>61</sub>	0,265			
	C <sub>62</sub>	0,462	0,297	0,336	0,212
	Neste teste a capacitância caiu rapidamente, não conseguimos descobrir a razão. O método utilizado na confecção do capacitor foi exatamente o mesmo do teste anterior. A = 28,0cm <sup>2</sup>				
T E S T E 7	C <sub>71</sub>	0,213			
	C <sub>72</sub>	0,826	0,498	0,650	0,385

T E	Utilizando cartolina e lápis de colorir vermelho com lustro na parte clara e isolamento do capacitor com papel de seda, antes do revestimento com adesivo preto. $A = 14,0 \text{ cm}^2$ .					
T E S 8 T E	28/07/03	03/07/03	05/07/03	09/08/03	13/08/03	
	$C_{81}$	0,144				
	$C_{82}$	0,634	0,422	0,574	0,306	0,437
	Procedimento idêntico aos testes anteriores 5, 6 e 7. $A = 28,0 \text{ cm}^2$					

Tabela 17: capacitâncias individuais medidas e capacitâncias equivalentes calculadas e medidas para associações de capacitores enrolados construídos entre 27 e 30/07/03.

<b>Tipo de associação de capacitores</b> <b>Paralelo “ // ”, Série “ + ”</b>	<b>Tabela de origem dos capacitores</b>	<b>Capacitâncias individuais medidas (nF)</b>			<b>Capacitância equivalente (calculada) (nF)</b>	<b>Capacitância equivalente (medida) (nF)</b>
$C_{34} // C_{51} // C_{82}$	13	0,356	0,387	0,387	1,130	1,090
$C_{43} // C_{65} // C_{102}$	13	0,650	0,568	0,352	1,570	1,420
$C_{34} + C_{51} + C_{82}$	13	0,356	0,387	0,387	0,126	0,090
$C_{34} + C_{65} + C_{9102}$	13	0,650	0,568	0,352	0,167	0,120
$C_{131} // C_{143} // C_{174}$	13	0,620	0,969	1,039	2,628	2,230
$C_{182} // C_{201} // C_{222}$	13	0,245	0,578	0,420	1,243	0,981
$C_{131} + C_{143} + C_{174}$	13	0,620	0,969	1,039	0,277	0,190
$C_{182} + C_{201} + C_{222}$	13	0,245	0,578	0,420	0,121	0,110
$C_{82} // C_{72} // C_{32}$	16	0,422	0,336	0,300	1,058	1,120
$C_{22} // C_{52} // C_{62}$	16	0,407	0,222	0,297	0,926	1,050
$C_{82} + C_{72} + C_{32}$	16	0,422	0,336	0,300	0,115	0,119
$C_{22} + C_{52} + C_{62}$	16	0,407	0,222	0,297	0,127	0,097
$C_{32} // C_{92} // C_{102}$	14	21,3	0,198	0,435	21,933	22,140
$C_{12} // C_{42} // C_{72}$	14	0,504	13,5	0,109	14,113	13,020
$C_{12} + C_{52} + C_{72}$	14	21,3	0,198	0,435	0,135	0,168
$C_{12} + C_{52} + C_{72}$	14	0,504	13,5	0,109	0,089	0,078

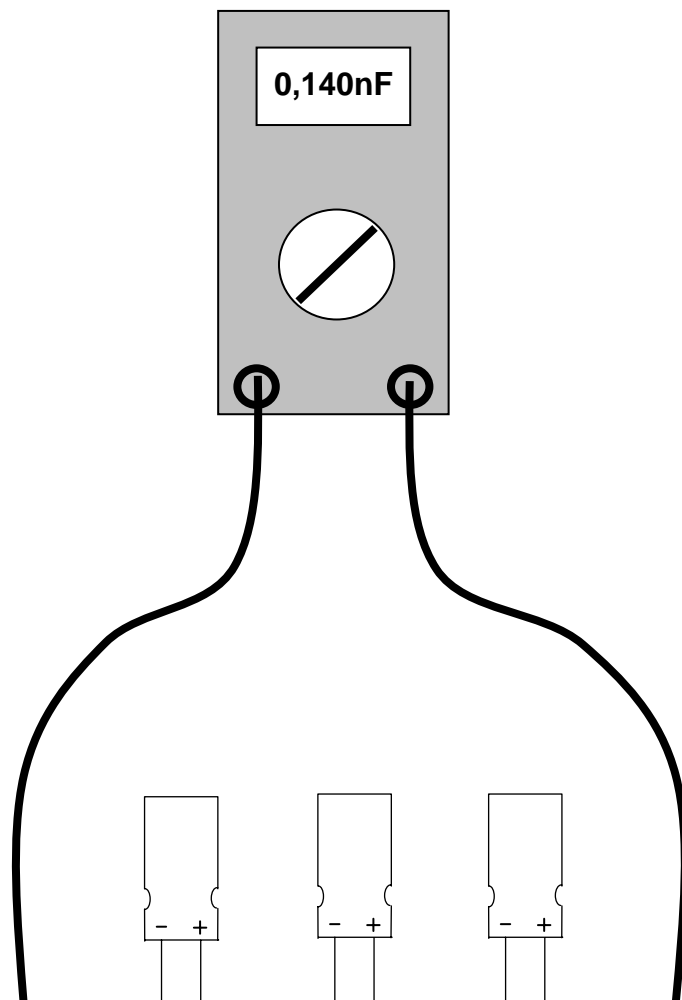


Figura 47: representação das associações em série e paralelo dos capacitores enrolados. Para ligar os terminais dos capacitores foram utilizados fios de telefone (o tipo mais comum de cor cinza).

**ANEXO 6**

## **ANÁLISE DE CONTEÚDO**

### **Considerações Iniciais**

Em nossa pesquisa resolvemos avaliar, ainda que de uma forma preliminar, o impacto da aplicação desta técnica, especialmente em relação às opiniões de professores que foram a ela apresentados, então escolhemos a Análise de Conteúdo para auxiliar a interpretação destes dados. Assim, fizemos um breve estudo sobre este procedimento de análise textual, apresentado a seguir.

A análise de conteúdo representa um método utilizado em pesquisas para fazer a descrição e interpretação do conteúdo de textos e documentos. Essa análise, seja qualitativa ou quantitativa, ajuda a interpretar as mensagens conduzindo a descrições sistemáticas, e permitindo alcançar um entendimento que transcende o da simples leitura.

Quando as investigações se dão na área social essa metodologia torna-se uma ferramenta de importância, pois pode compor o rol das técnicas utilizadas pelo pesquisador para definir seus referenciais teóricos. Constitui-se uma abordagem metodológica com características e possibilidades próprias, ultrapassando a barreira de simples técnica de análise de dados.



A análise de conteúdo, se tomarmos o ponto de vista da metodologia, abrange procedimentos particulares para o trato dos dados científicos. É uma ferramenta normalmente atualizada para o processamento de situações variadas a investigar. É caracterizada por uma variedade de formas e adaptável a um grande leque de situações portanto, podemos considerá-la como um instrumento de utilidade.

Os elementos que compõem a análise de conteúdo referem-se a quaisquer materiais que transmitam idéias, seja escrito ou falado, como por exemplo jornais, revistas, livros, cartazes gravações, filmes, vídeos e outros. Como se pode imaginar, tais informações trazidas ao pesquisador chegam em estado bruto, precisando ser trabalhadas para tornar mais fácil o trabalho de interpretação, compreensão.

Quando a análise de conteúdo é utilizada em uma investigação, se a utilizarmos sob o aspecto qualitativo, recomenda-se a observância de alguns pressupostos os quais, no estudo de um texto, servem de auxiliar para apreender o seu sentido simbólico. Nem sempre é manifesto esse sentido e seu significado não é apenas um. Pode-se olhar sob diversas perspectivas, logo um texto apresenta vários significados quais sejam:

- a) o leitor percebe o texto de uma forma, o que pode coincidir com a idéia que o autor pretende expressar;
- b) cada leitor poderá ter um sentido diferente para o mesmo texto;
- c) o próprio autor não se dá conta do sentido que seu texto transmite.

Sob certo aspecto, a análise de conteúdo é uma interpretação que depende da pessoa do pesquisador de acordo com suas idéias preconcebidas, o que nos permite inferir que existe uma influência sobre a análise dos dados da qual o pesquisador não pode fugir, qual seja, os valores e a linguagem natural do

entrevistado e do pesquisador e a linguagem cultural com seus significados. Pelo exposto torna-se difícil uma leitura isenta. Seja consciente ou inconsciente a leitura tende a ser uma interpretação do leitor.

Naturalmente existiriam várias maneiras de categorizar os materiais de pesquisa utilizando análise de conteúdo. Porém, ao longo do tempo eles têm se definido em seis categorias, tendo-se em conta o contexto a que a pesquisa se refere, as conclusões pretendidas e os aspectos internos da matéria em análise. Essa classificação pode ser apresentada da seguinte maneira: 1) Quem fala? 2) Para dizer o quê? 3) A quem? 4) De que modo? 5) Com que finalidade? 6) Com que resultados? Seguindo esta definição podemos orientar os objetivos da análise de conteúdo de acordo com o objetivo que toma em relação às seis questões.

Quando orientamos a análise de conteúdo a “quem fala?” temos o objetivo de olhar quem emite a mensagem. O estudo, logicamente, será realizado tendo como ponto de partida a mensagem de quem fala ou escreve, onde se procurará determinar as características de sua personalidade, valores, comportamento verbal ou outras. Quando dirigimos a questão “para dizer o quê?”, o estudo aponta para as características da mensagem propriamente dita, seu valor informal, argumentos e idéias nela expressos. Também podemos orientar nosso trabalho “a quem?” se dirige a informação. Neste caso a investigação focaliza o receptor, procurando entendê-lo sob o ponto de vista do que lê e ouve. Quando os objetivos da análise de conteúdo apontam ao “como?” o investigador focará o mecanismo de funcionamento da comunicação, tais como seus códigos, seu estilo e estrutura da linguagem, entre outros fatores. Se olharmos para o “com que finalidade?” estamos tentando entender os objetivos de uma determinada comunicação. Ao termos este olhar, novamente

estamos orientando-nos para o emissor, no sentido de captar seus objetivos explícitos ou ocultos ao emitir a mensagem. Ao focalizar “com que resultados?” procuramos identificar e descrever os resultados reais de uma mensagem.

## **Método**

Diversos autores propõem variadas descrições do processo de análise de conteúdo, mas no presente estudo vamos adotar a seguinte:

- 1 – preparação das informações;*
- 2 – unitarização, ou transformação do conteúdo em unidades;*
- 3 – categorização ou classificação das unidades em categorias;*
- 4 – descrição, e;*
- 5 – interpretação. (Moraes, 1999, p. 15)*

Apesar de estarmos destacando o aspecto qualitativo, não descartamos sua aplicação em estudos quantitativos. Cada etapa mencionada precisa ser antecedida das definições, que permeiam uma pesquisa, tais como aclarar o problema, explicitar os objetivos da pesquisa e, a partir daí, realizar a coleta de dados do projeto. A seguir, um breve esclarecimento de cada etapa.

## **Preparação**

Com as informações a serem analisadas em poder do pesquisador, é preciso submetê-las a um processo de preparação, que consiste em:

- a) As informações a serem analisadas devem ser identificadas e estabelecidas as diferenças entre elas. É recomendável uma leitura geral

para poder decidir-se sobre quais os dados que devem continuar no estudo ou não, levando em conta sua relação com o objetivo do trabalho.

- b) Criar um código para o material a ser trabalhado, com o objetivo de tornar fácil sua localização. O código a ser utilizado pode ser numérico ou alfabético. Os dados, por si, não são dados, mas precisam ser preparados cuidadosamente para servir aos objetivos da pesquisa, e é neste ponto que os objetivos da pesquisa assumem papel central, já que vão nortear esta preparação.

### **Unitarização**

Os dados já preparados serão submetidos à unitarização, que consiste no seguinte:

- a) Ler novamente os materiais com o objetivo de estabelecer a *unidade de análise*. Também conhecida por “unidade de registro” ou “unidade de significado”, a unidade de análise é o elemento unitário de conteúdo que deverá passar pelo processo de classificação. Na análise de conteúdo necessitamos definir o elemento unitário, chamado de unidade de análise, para podermos classificar ou categorizar. Essas unidades que podem ser tanto palavras, frases, temas ou mesmo documentos em sua forma integral, precisam ser definidas pelo pesquisador. Com este cuidado, podemos trabalhar com documentos inteiros ou com unidades menores, dependendo da natureza do problema, dos objetivos da pesquisa e do tipo de materiais a serem analisados.

- b) Retomar a leitura de todos os materiais para identificar nos mesmos as unidades de análise. Desta maneira, codifica-se cada unidade, estabelecendo-se novos códigos a serem adicionados ao anterior. Com este passo, normalmente se possuirá diferentes mensagens divididas em frações, mas cada uma delas com um código que especifica a unidade de amostra de onde provém, e sua hierarquia seqüencial. Por exemplo, se um documento recebeu o código “a” , as diferentes unidades de análise do documento poderão receber os códigos “a . a”, “a . b”, “a . c” e assim sucessivamente.
- c) Isolar cada uma das unidades de análise. É recomendável que se realize isto reescrevendo cada uma das unidades, para que fiquem isoladas; este processo de isolar as unidades de análise leva seguidamente à sua reelaboração, para que possam ser compreendidas fora do contexto original. No trabalho de fragmentação de um texto torna-se difícil fugir da perda de parte da informação do material analisado. Por estranho que pareça tal afirmação, ela se torna compreensível quando levamos em conta que é difícil uma leitura objetiva e completa de um texto, mas o que se perde em informação se ganha em profundidade e entendimento que a análise possibilita.
- d) Definir as unidades de contexto. Apesar de ser essencial definir as unidades de análise, de modo a apresentarem significado completo em si mesmas, também é praxe criar outro tipo de unidade de conteúdo, chamada de unidade de contexto. A mesma é mais ampla que a unidade de análise, para a qual serve de referência, e fixa-lhe os limites contextuais para interpretá-la. Tal proposição está baseada na convicção de que ainda

que se possa dividir um texto em unidades de significado com sentido, sempre se perderá parte do significado neste processo.

## **Categorização**

A categorização é uma técnica de reunir dados, levando-se em conta a parte comum existente entre eles. Uma das formas de classificar pode ser por semelhança, seguindo critérios preestabelecidos no processo. Estes podem ser semânticos, dando origem a categorias temáticas, ou podem ser sintáticos, determinando categorias a partir de verbos, substantivos, adjetivos e outros. Podemos ainda ter categorias constituídas com base em critérios léxicos, com destaque nas palavras e seus sentidos. Entretanto, os grupos de categorias devem fundamentar-se em apenas um destes critérios.

Quando da utilização da técnica de categorização é recomendável ter-se muito claro o problema em questão, bem como os elementos e objetivos utilizados na análise de conteúdo, para que a categorização possa ser útil. A mesma é uma operação de classificação dos elementos de uma mensagem. Não podemos deixar de perceber que a análise do material é feita de forma cíclica e não linear, ou seja, não basta apenas um olhar sobre o material, mas são necessárias várias leituras, levando ao refinamento progressivo das categorias, para podermos atingir níveis mais profundos de compreensão.

Para podermos categorizar devemos seguir alguns critérios que a regem, como por exemplo: *validade, pertinência ou adequação*. A validade deve ser a característica inicial e básica de todo conjunto de categorias, mas quando afirmamos

que uma categorização deve ser válida estamos dizendo que deve ser adequada ou pertinente. Quanto à validade das categorias, Moraes nos diz:

Quando as categorias são definidas a priori, a validade ou pertinência pode ser construída a partir de um fundamento teórico. No caso de as categorias emergirem dos dados, os argumentos de validade são construídos gradativamente. Uma categorização válida deve ser significativa em relação aos conteúdos dos materiais que estão sendo analisados, constituindo-se uma reprodução adequada e pertinente desses conteúdos (Moraes, 1999, p. 20).

Um outro critério a ser observado é o da *exaustividade, ou inclusividade*. Podemos perceber o momento de utilizarmos o critério de exaustão quando a categorização de todo o conteúdo possua significado, definido segundo os objetivos da análise. A exaustividade deve ser encarada no sentido de possibilitar a inclusão de todas as unidades de análise. A *homogeneidade* é outro critério que deve ser obedecido na formulação de categorias. Se encontrarmos, em um conjunto de categorias uma única linha de análise, podemos afirmar que esse conjunto é homogêneo. Se tomarmos o viés quantitativo diríamos que deve basear-se numa única variável. O critério deve estar presente em todos os níveis de análise e deve ser garantido não apenas em conteúdo, mas igualmente em nível abstrato.

Um outro critério é o da *exclusividade ou exclusão mútua*. Como o próprio critério já diz, ele não pode fazer parte de mais de uma categoria simultaneamente. Para que isto aconteça recomenda-se que seja elaborado um conjunto de regras de classificação bem precisas e claras. Finalmente o processo de categorização deve atender ao critério de *objetividade, consistência ou fidedignidade*. Quando afirmamos que um conjunto de categorias foi submetido ao critério da objetividade significa que as regras de classificação são explícitas e claras, para que possam ser aplicadas de forma consistente ao longo de todo o processo de análise. Depreende-

se que não devem pairar dúvidas quanto às categorias em que cada unidade de análise deve ser incluída. Moraes apresenta uma visão sobre o critério da objetividade.

A questão da objetividade tem sido cada vez mais questionada nas pesquisas qualitativas. Neste tipo de investigação, o pesquisador muitas vezes acredita em realidades múltiplas e cada um poderá captar dimensões diferentes a partir de um mesmo texto ou mensagem. Entretanto, isso possivelmente se refletirá mais na constituição de conjuntos diferentes de categorias do que na classificação do conteúdo, uma vez estabelecido o conjunto de categorias. Portanto, mesmo em pesquisas essencialmente qualitativas, o critério de objetividade ou consistência das categorias e da classificação parece continuar significativo e importante de ser considerado (Moraes, 1999, p. 22).

Concluindo esta breve discussão sobre categorização, é importante lembrarmos que podemos ter vários níveis de categorização, sempre obedecendo aos mesmos critérios estabelecidos. Devemos destacar que a validação e a construção de outras características das categorias de uma análise de conteúdo, no caso de uma análise qualitativa, se dará o longo do processo, mas se optarmos por categorias a priori, as mesmas devem já atender aos critérios de classificação.

## **Descrição**

Definidas as categorias e identificado o material que constitui cada uma delas, precisamos comunicar os resultados do trabalho através da descrição. Ela é o momento inicial desta comunicação.

No trabalho com pesquisa quantitativa, o trabalho de descrição envolverá tabelas, quadros, apresentando além das categorias construídas no trabalho os percentuais e frequências referentes aos mesmos. Mas se trabalharmos pelo enfoque qualitativo será produzido um texto-síntese para cada categoria, onde



constará o conjunto de significados presentes nas diversas unidades de análise de cada uma delas. Recomenda-se o uso intensivo de citações dos dados originais.

No momento da descrição são expressos os significados apreendidos nas mensagens analisadas. Faz-se necessário ter muito cuidado nesta etapa, pois é pelo texto produzido como resultado da análise que se percebe a validade da pesquisa e seus resultados.

### **Interpretação**

É necessário seguirmos adiante porque não basta a etapa descritiva para o entendimento da mensagem, mas precisamos aprofundar a compreensão através da interpretação e da inferência. A inferência está mais associada ao estudo quantitativo, como esta pesquisa é de caráter qualitativo vamos nos deter neste aspecto, apesar de o mesmo também estar presente na quantitativa.

A leitura de um material escrito constitui-se uma interpretação e aquele que realiza a análise de conteúdo com mais intensidade exercita esta interpretação, não só sobre o material explicitado pelo autor mas também sobre os conteúdos latentes, tenham sido eles ocultados inconsciente ou conscientemente. Existem duas linhas a seguir na interpretação. Uma delas ligada a estudos com fundamentação teórica claramente a priori. A interpretação é realizada pela busca dos significados que se expressam nas categorias da análise e sua comparação com a fundamentação. O que diz a outra linha é que a teoria emerge com base nos dados e nas categorias da análise, o que faz com que a construção da teoria seja uma interpretação. Não podemos esquecer que estamos em um movimento espiral onde teorização, interpretação e compreensão estão constantemente se alimentando para atingir uma

maior profundidade de entendimento.

Ao concluir a exposição, pretende-se ter um grupo de argumentos que mostrem que a análise de conteúdo não é uma simples técnica, mas uma metodologia variada e mutável. Sob este aspecto, a análise de conteúdo permite a resolução de inúmeros problemas que o pesquisador enfrenta na análise dos dados de comunicação, principalmente sob o aspecto qualitativo.

## **ENTREVISTA**

A entrevista é um encontro entre duas pessoas, para que uma delas recolha informações sobre certo assunto, mediante o diálogo. É uma conversação frente a frente da maneira metódica, trazendo ao entrevistador os dados necessários a sua pesquisa. A entrevista é considerada, por alguns autores, como um ótimo instrumento da investigação social, se realizada por investigador experiente pode produzir bons resultados.

### **Objetivos**

O objetivo da entrevista é a obtenção de informações do entrevistado sobre determinado assunto. No que diz respeito ao conteúdo da entrevista, podemos

classificá-la em seis tipos de objetivos. O primeiro objetivo fala da *verificação da "realidade"*. Saber se as pessoas que possuem as informações são capazes de compreendê-las. Outro objetivo pode ser a *averiguação das opiniões sobre a "realidade"*. Descobrir qual o conceito sobre as várias realidades que as pessoas vivem. A *sondagem de sentimentos* tem por objetivo entender o comportamento de alguém pela análise de seus sentimentos. A *constatação de planos de ação* é um objetivo que visa descobrir como a pessoa pensa sobre determinada situação e qual sua reação quando exposta a ela. *Comportamento atual ou anterior* quer saber como a pessoa irá se comportar em uma situação futura, baseado no seu passado e no presente de suas ações. E, por fim, temos os *motivos conscientes para opiniões e sentimentos*, quando se quer descobrir quais os fatores e por que influenciam as opiniões e sentimentos.

### **Tipos de entrevistas**

Conforme o objetivo do pesquisador teremos diferentes tipos de entrevistas.

- 1) **Padronizada ou estruturada.** É o tipo de entrevista que se realiza de acordo com um formulário, e será aplicado em um grupo de pessoas escolhidas de acordo com o plano da pesquisa. O entrevistador segue um conjunto de passos previamente determinados, na condução da entrevista. O motivo da padronização é evitar nas respostas dos questionários, respostas que sejam diferentes devido as perguntas formuladas não serem iguais, e a diferença ser atribuída aos que responderam os questionários.
- 2) **Despadronizada ou não estruturada.** O entrevistado pode mover-se com liberdade no decorrer da entrevista em relação ao que deseja falar. Isso permite

uma maior exploração da questão que interessa ao pesquisador. É comum as perguntas serem abertas e sua resposta se dá dentro da conversação informal.

Apresentamos abaixo três variações para este tipo de entrevista:

- **Entrevista focalizada.** Há um roteiro de tópicos relativos ao problema que se vai estudar e o entrevistador tem liberdade de fazer as perguntas que quiser: sonda razões e motivos, dá esclarecimentos, não obedecendo, a rigor, a uma estrutura formal. Para isso, são necessárias habilidades e perspicácia por parte do entrevistador. Em geral, é utilizada em estudos de situações de mudança de comportamento.
- **Entrevista clínica.** Trata-se de estudar os motivos, os sentimentos, a conduta das pessoas. Para esse tipo de entrevista pode ser organizada uma série de perguntas específicas.
- **Não dirigida.** Há liberdade total por parte do entrevistado, que poderá expressar suas opiniões e sentimentos. A função do entrevistador é de incentivo, levando o informante a falar sobre determinado assunto, sem, entretanto, forçá-lo a responder (ANDER-EGG apud MARCONI, LAKATOS, 1999, p. 96).

3) **Painel.** É a repetição de perguntas periodicamente, em curtos espaços de tempo, para verificar a evolução das opiniões. Para evita-se a distorção das respostas por parte do entrevistado em função da repetição, as perguntas devem ser formuladas de formas diversas.

### **Vantagens e limitações**

A entrevista oferece várias vantagens e também limitações, como toda técnica de coleta de dados. Algumas das vantagens são: todos os segmentos da população podem ser submetidos a ela, a amostragem da população é mais rica, maior flexibilidade nas indagações, permite melhor observação do entrevistado, oportuniza o acesso a dados que não estão disponíveis em fontes tradicionais, maior precisão e verificação das informações fornecidas e permite o tratamento estatístico dos dados, se for o caso.

As desvantagens ou limitações, como em toda a situação, podem ser superados ou minimizados pelo pesquisador, basta experiência e bom senso. Algumas delas são: Dificuldade de entendimento entre as partes, não entendimento das perguntas por parte do entrevistado, influências do entrevistador sobre o entrevistado, disposição para falar, publicidade de sua identidade, nervosismo, ocupa tempo, e não é de fácil execução.

A entrevista deve ser elaborada com cuidado, pois é uma etapa importante da pesquisa. Alguns cuidados referem-se no planejamento, conhecimento prévio dos entrevistados, oportunidades para marcar a entrevista e outros.

## **ANEXO 7**

## **ENTREVISTAS**

### **ENTREVISTA 01 - Prof. A**

**Você utilizaria esta técnica nas suas aulas de 3º ano nos colégios?**

Lá no Americano eu vou usar.

**Mas você acha que o método foi produtivo?**

Eu achei interessante. Porque muitos alunos não sabem nem que o grafite é condutor. E se ele é um condutor, ele pode também oferecer resistência, que funciona também como capacitor. Achei bem interessante.

**Você trabalhou apenas a parte dos resistores? Não pegou capacitores?**

Não. Peguei capacitores.

**Pegou capacitores?**

Peguei também. Fiz inclusive os capacitores associados em série e paralelo.

**E o que você percebeu, já que trabalhamos pouco? O que percebeu que deveria ser modificado?**

Não, eu achei bem interessante, tem aquelas com plástico também. Capacitor com plástico. Que nós temos tanto com papelão tanto com papel e com plástico. Até modificar alguma coisa, eu não percebi assim. Teria talvez, a gente teve tão pouco tempo que eu fiquei tão envolvido que não identifiquei alguma coisa que desse errado. E vem comprovar toda teoria. A gente tinha a noção da teoria. Sabe a teoria.

E aí se conseguiu na prática, realmente confirmar aquelas teorias: de associação de resistores em série, paralelo, capacitor em série, paralelo. Comprovou.

**Você acredita que esta comprovação, se bem que não totalmente como prevê a teoria, é válida para sala de aula? Para o aluno?**

Eu acho que é. Acho que é válido porque muitas vezes fica só comentando teoria e ele quer o concreto para saber o porquê. E até onde usar, e ali tu tens como comprovar para ele.

**No momento que você leva uma técnica dessa ao aluno está também modificando um pouco a sua estrutura de aula. Você deixa de ser o papel principal da aula e eles passam a trabalhar. Você acha que isso é positivo?**

Acho que é positivo. Porque não vão ficar toda vida sempre comigo. Amanhã ou depois eles vão caminhar pelas pernas deles. Eles vão ter que começar a andar. Até muitas vezes eu comento: no próprio vestibular eu não vou estar junto, então tem coisas que eu não fico dizendo para eles. Eles têm que ir em busca. E aí eu mostrei e, a partir daí, até futuramente, quem sabe, se eles não vão fazer outras descobertas com relação à resistores, capacitores.

**Você acredita que o aluno tenha esta capacidade (de crescer)?**

Acredito. Acredito porque dentro do trabalho que a gente faz, que eu trabalho com prática a um bom tempo num colégio, e a gente sempre percebe a evolução que eles têm tanto do 1º até o 3º ano. Enquanto que a gente vai só dando idéia, eles vão em busca e conseguem coisas que muitas vezes além do que a gente pensava.

**Mas na sua opinião, o que acontece então no sistema atual de ensino que o nosso aluno é apático?**

O problema é que tem a tecnologia cada vez avançando. A carga horária reduzindo em função da falta de profissional. E tem um conteúdo para estudar com eles amplo.

E tu tens uma carga horária reduzida, e tu tens que vencer, dar o conteúdo e não tens como trabalhar em pequenos grupos que pode render muito mais. E com uma carga horária mais disponível.

**Como é que você poderia usar de uma forma diferenciada?**

Eu trabalhei esta técnica com os alunos há anos atrás numa feira de ciência que eles pegavam um grafite e uma lapiseira, botavam num isolante e botavam uma pilha, num lado e um outro condutor numa lâmpada e iam variando aquele grafite e fazendo um reostato, podiam determinar o comprimento do grafite e aí faziam a resistência, simplesmente com o grafite. Pega um grafite inteiro de uma lapiseira e eles faziam esta variação. Isto há tempos atrás que a gente tinha mais dedicação em relação à feira foi feito este tipo de trabalho.

**ENTREVISTA 02 - Prof. B**

**Você já tinha conhecimento dessa técnica de usar grafite para trabalhar resistores e capacitores?**

Não. A primeira vez foi na oficina.

**O que acha dessa técnica?**

Claro, muito mais aplicado. Eu não tenho tantos conhecimentos, mas a nível de ensino médio é bem interessante.

**Porque você acha que esta técnica é interessante para aplicar em ensino médio? O que lhe faz afirmar que é interessante?**

Aí, já é uma coisa pessoal minha porque faz pouco tempo que eu estou dando aula. Então estou vendo como é que eu estou dispondo a matéria para eles. Aí vem aquele velho papo: que tem que trazer as coisas para dentro da sala de aula. Ainda



mais de física, uma matéria que eles não gostam muito. Então eu acho que pegar umas coisas bem de fora de sala de aula e explicar: aqui tem física! eu já fiz isto e deu certo.

**Então você acha que relacionando a teoria que vai trabalhar em física com algo palpável do dia-a-dia deles, ajuda?**

Sim.

**E onde é que os resistores com grafite e papel se encaixam dentro dessa sua idéia do dia-a-dia?**

Não é bem dia-a-dia, mas alguma coisa assim: grafite tem nos lápis deles, entendeu? Então de acordo como eu vou indo com a matéria, aí eu... dá para ver tudo: resistência, corrente, etc... dá para ver tudo no grafite. Estou pensando em utilizar isto.

**Você pensa em utilizar isso nas suas aulas?**

Não que esteja certo que eu vou utilizar, mas é uma boa idéia. Bem voltado para o ensino médio, mas nesse caso, assim eu não tenho conhecimento de eletrônica ainda para...

**Você acredita que o aluno fazendo os seus resistores e variando as formas e tamanhos, propicia a ele uma aprendizagem maior?**

Com certeza. Porque daí a fórmula até não fica tão na "decoreba". Tem que ter. Tem que mexer.

**Acredita que precisa haver mudança na técnica dos resistores e capacitores?**

Por mim eu acho assim, que como eu não tive um estudo tão aprofundado como tu tiveste neste trabalho, eu acho que fazer algumas modificações e aí parar para pensar mesmo. É aquilo que tu falaste, eu entendi, mas não digamos: como é que poderia fazer; vamos mudar isso aqui... E já.. Entendeu? Eu não cheguei a esse

ponto para mudar alguma coisa. .Só digamos que é uma idéia que está guardada aqui , que quando tiver um tempo, aí eu vou trabalhar se vou fazer ou, não. Se eu for mudar ou, não. Como é que eu vou planejar isso, não tenho nada ainda assim. E como é uma coisa minha, que eu vou fazer, então "ah, outra hora eu vejo".

**Acredita que o aluno do ensino médio tem condições de caminhar mais sozinho no seu aprendizado?**

Eu acho assim...É uma coisa assim: no 1º ano é aquela gurizada, piizada que só quer brincar. Aí 2º ano já é meio termo e 3º é bem calmo, eles já são mais... Acho que de repente as situações. É que eu dou aula em escola pública, não sei como é que é nas privadas. Mas em princípio, eles já estão mais com a cabeça no lugar, porque tem que trabalhar, porque de repente, não tem dinheiro para pagar cursinho e aí no ano que vem termina o 2º grau. Daí tem que trabalhar... faculdade. Então aí eles já começam a ser mais responsáveis do que comparando ao 1º ano. Que ano passado tem bem os extremos: 1º ano e 3º aí deu para ver a diferença "gritante" entre eles.

**Qual é a sua opinião quanto ao trabalho dos professores (falo de todos e não especificamente ao teu). Você acredita que o trabalho dos professores deve mudar para que o ensino de física melhore?**

Eu não sei se eu sou um pouco individualista, mas eu acho que depende de cada um. Acho que cada um vai... É que cada turma é uma turma. E cada pessoa tem um jeito... Sua maneira de ensinar. Então eu acho que isso não é uma coisa que tem que ser "assim, assado" tem que fazer assim daí o aluno vai entender. Não. Eu acho que cada pessoa tem uma maneira de explicar e dar seu toque pessoal. Claro, tem que sempre estar pensando , tem que estar estudando, tem que estar antenado às coisas assim: "os últimos os educadores falaram.. " Claro, também é bom

consultar, ver o que que eles estão dizendo. Mas aí eu acho que no finzinho de tudo é tu, né? não é o fulano." Ah, o fulano disse que era para fazer isto, então vou tentar". Não vou conseguir imitar o fulano que fez isso. Então eu acho que é uma coisinha no fim. Pelo que eu vejo hoje, que de repente eu posso mudar isso se der e estou tendo com o passar dos anos nessa experiência. Mas acho que é um pouquinho de cada um mesmo. Cada um tem seu modo seu de jeito de pensar, jeito de agir, jeito de falar. E se não é a pessoa não... não tem como, ainda mais porque aluno até quando tu está mal, está com olheira: " tá cansado? ". É incrível. A gente não se dá conta, mas o aluno sim.

### **ENTREVISTA 03 - Prof. C**

#### **Você já conhecia o trabalho com resistores e capacitores utilizando grafite?**

Conheci através do João ano passado. Em uma atividade sobre resistores.

#### **E tu achas que é uma técnica que pode ser empregada em sala de aula?**

Com certeza. Tudo que é inovador.... Tipo assim, o grafite é uma coisa que qualquer um tem. Qualquer um tem um grafite. Qualquer um tem: dos de 6-4 anos até os , sei lá, infinito. Setenta anos.

#### **Você usaria isso nas suas aulas?**

Com certeza. Até eu queria fazer.... eu vou pegar a ..... É que o nosso multitesté lá do colégio é muito antigo. Até eu e a Daniele estávamos conversando de a gente fazer uma atividade nos nossos laboratórios de 3º ano. Só que a gente vai ter que montar, porque a leitura dele é , bah. Tem que fazer a regra de três para chegar no valor real. Mas acho que dá, porque....

**Você acha que o aluno tem algum incentivo em aprender com esta técnica? Ou seja, esta liberdade, ao menos num primeiro momento que a técnica parece dar. Será que isto torna o trabalho para o aluno, mais interessante?**

Toda vida! Com certeza! Tudo que sai do normal numa sala de aula incentiva o aluno. Tu contares uma história de quem foi Galileu, quem foi Simon Ohm, o Ampér, etc... Isto chama a atenção deles e eles param na hora. Eles prestam atenção. Assim como tu demonstrares um técnica do grafite, como tu fizeste pra gente. Tu notaste a surpresa de todos. O Catéli, principalmente, vibrava. Chegou a pular da cadeira. Muito legal.

**Você acha que o aluno às vezes é um pouco rebelde em sala de aula, porque o professor é um pouco tradicional demais. Não muda o seu tipo de aula?**

- É. Não só isso. Não só isso, porque o professor tradicional, geralmente, traz tudo pronto. Já vem com aquele livro, com a página marcada. Aliás, usa livro também. Não que eu seja contra usar livros, mas eu acho que não cabe. O aluno tem que ver que tu tens conhecimento, que tu sabes do que tu estás falando. Que tu não estás lendo. Coisas que a gente vê aqui dentro: o professor lendo e escrevendo no quadro. Eu não gosto. Eu acho que tu não têm domínio. Tu nem sabe do que estás falando, tu estás lendo! E no momento que tu fores fazer uma experiência dessas tu tens que ter pelo menos o domínio, pelo menos, do que tu estás fazendo. Então, se o aluno começa a te questionar. A experiência em si, geralmente, as escolas não gostam, porque tu tens que estudar para dar o conteúdo. Porque eles vão questionar: para quê que serve aquilo ali? Para quê que serve isto aqui? Para quê um transformador? Primário, secundário. E aí o professor aquele, que não sabe, vai ter que estudar. Eles não gostam. Eles gostam do quadro ou o retroprojeter. Imagina que beleza com retroprojeter ! Tu trazes as lâminas, coloca ali, começa a ler. Beleza!

Mas para o aluno que está ali é terrível. Eu não gosto! Eu não gosto mesmo. E nada melhor do que na prática. Desde a primeira série até o terceiro ano, tu pega, dá um quadrinho para ele. Daquele quadrinho ele pode transformar num metro quadrado só trabalhando. Aí ele vai ter noção do que é um quilômetro. A professora não vai andar com uma regra de um quilômetro em baixo do braço para mostrar o que é um quilômetro. Então eles vão tendo a noção. Mas se tu colocares no quadro um decímetro é tanto, um centímetro é tanto, um milímetro... Nunca que eles vão entender.

**No pouco tempo que nós trabalhamos com esta técnica, você percebeu alguma alteração que se deva fazer nela?**

- A gente percebeu, o nosso grupo, que dá para ti fazer muitas coisas. Até a Lei dos nós. E depois, na outra semana a gente fez com papelzinho aquele. Cortou para ver a área.... Pode fazer experiências. Pode usar em lugar de uma lâmpada. Com papel. Papel e lápis. Claro, tem que ter um multi-teste! Tem que ter o "jacarezinho". Qualquer escola eu acho que tem. E se não tem, não é tão caro.

**Você não acha que a necessidade de um multímetro com escala para capacitores não é um limitador do uso da técnica?**

Não tem. Mas é uma técnica que pode chegar, com o próprio valor que tu tens ali. Vão ter que chegar. Não dificulta. Não achas? Se bem que o aparelho com escala para capacitores também não deve ser tão caro. Ele deve fugir da faixa de R\$ 20,00 a R\$ 30,00 que é um multímetro tradicional, amarelinho, mas não deve ser muito mais do que uns R\$ 50,00 ou R\$ 80,00. Mas entre tu usares material pronto e chegar para o aluno e pedir para ele desenhar e medir, é muito mais interessante para ele. Eu aprendo fazendo. Que nem mecânica quântica que tu custa para pegar porque tu não consegues visualizar, tu não consegues medir aquilo ali. Tu primeiro

tem que criar a imagem na tua cabeça. Agora tu falares em capacitor para um aluno?

**E você acha que se o aluno pode ver e manipular estas variáveis, ele teria condição de ele mesmo redigir, enfim, um conceito sobre capacitores, sobre resistência?**

Toda vida! Claro, o aluno que tem interesse. Mas o interesse de uns renova o dos outros, né? Com certeza. Ainda mais que eles tem a famosa competição entre eles . Principalmente no 3º ano. Mesmo no público ou particular, a competição é muito grande. Tão grande que eles não colam no ensino médio do Julinho eles não colam no 3º ano, porque eles querem tirar a nota maior. É incrível. Eles não colam.

**Então tu achas que é viável? Que dá para trabalhar?**

Mas com certeza. Não porque tu fizeste o projeto. Tanto é que quando a ritinha mostrou, a gente.. Ela implanta no colégio. Ela dá um jeito, porque ela sabe que tu visualizando, tu chegando ao resultado. Tu mesmo monta a teoria que tu não encontras.

#### **ENTREVISTA 04 - Prof. D**

**Você já conhecia esta técnica?**

- Não.

**O que você achou da técnica dos resistores e capacitores?**

Bastante interessante porque tu estas descobrindo um meio novo. Depois que eu fui dar uma olhada no que significava o grafite em si, qual era a composição. E percebi que ele não era uma substância, claro, pura ele não poderia ser, mas ele tem argila no meio e com percentagem. Então daqui para frente o que faltaria, por exemplo, na

nossa situação é descobrir qual é a influência que tem nesta percentagem de argila na influência. Se tem variação na capacidade. Mas é uma coisa bem interessante e até para estudo de alguma coisa barata para trabalhar.

**Você acha que esta técnica auxilia o aluno para ele entender os conceitos de resistores e capacitores?**

Ela traz uma vantagem bastante grande porque é uma coisa simples. Basta pegar um lápis, um papel ou um plástico e começar a pesquisar. O trabalho que nós viemos fazendo com o aluno é exatamente de que ele tenha capacidade de observação e análise com noção de conclusão. Isto é muito importante porque é um trabalho simples até o fim. E quem sabe se poderá chegar a resultados bem mais interessantes.

**Caso trabalhe com os 3<sup>os</sup> anos usará esta técnica?**

Sim. Inclusive quando eu e o Onóí, nós vamos bolar coisas assim. Fazer uma caixa, por exemplo, com tampo de vidro e nessa caixa com tampo de vidro, armar um dispositivo que possa colocar uma lâmpada embaixo para variar a temperatura em problema de umidade e depois conseguir talvez, um pouco de gelo, alguma coisa para, conseguir uma evaporação para ver se a umidade tem alguma influência também. E aí ver as variáveis que tem.

**Você acha que o aluno que tem na sua escola, que eu tenho, enfim, que todos nós temos é um aluno que se criarmos as condições ele deslancha ou ele não se mexe, não se envolve ?**

Olha, na nossa escola alunos que eles vem até a primeira série do 2<sup>o</sup> grau, eles vem com uma falta de preparo para pesquisa. Então eles não tem disciplina. São poucos os alunos que tem interesse diretamente com a pesquisa. Ou são pessoas assim que, que eu não encontro uma explicação ainda, pois não li sobre isto. Mas é uma

pessoa que já tem alguma pré - disposição. Agora, o aluno que tu incentivas a fazer isso, aí tu encontras bastante. Aí já aumenta o número de alunos interessados. Por isso que eu acho que a ciência tem que começar este trabalho de investigação, de observação já nas séries iniciais: na 5º série do Ensino Fundamental, para que ele já entre no 2º grau com esta capacidade mais aperfeiçoada de observação, de análise. Porque aí o caminho, a pista que tu dá para eles de pesquisa ele vai ir. E isto parece que não é só com os nossos alunos. O resultado de pesquisadores internacionais que passaram aqui pela UFRGS, deram palestras para nós, disseram que a tendência dos alunos, 90, 95% é fazer a aula o mais rápido possível de laboratório e terminar aula. Agora, tem aqueles 5 a 10% que são mais interessados, ficam perguntando. E esses seriam os indicados para fazer esse tipo de problema. Porque se começar mais cedo este trabalho, tu consegues um número bem maior de alunos que tem este tipo de capacidade e interesse. Acho que tem que ser. Aí eu pego um pouco o piagente dele. Que a inteligência vai trabalhar.

### **Você percebe alguma diferença?**

Os resultados nós vamos encontrar quando eles chegarem no 2º grau. Que era o nosso objetivo, que eles já chegam no 2º grau com interesse maior. Mas a gente percebe que o aluno que já trabalhou lá, quando nos encontra na rua eles perguntam quando é que vai ter alguma coisa de novo. Quer dizer que alguma coisa ficou. É num shopping, é num supermercado,e, às vezes, fazem os pais pararem para conversar, para perguntar o que vai ter, qual é a próxima experiência. Quer dizer que um vínculo ficou na consciência deles. E alguma coisa chamou atenção, porque se fosse alguma coisa desinteressante, tu passarias por eles e não teria por que te chamar atenção. Então alguma coisa que chama atenção da gente e que se for trabalhado nas séries iniciais e for alguma coisa que ele goste. E, aí vem a



qualidade do professor e seu conhecimento, em buscar num grupo coisas que o grupo possa gostar. Para começar. Depois desencadeia um processo natural.

**Você já tem alguns alunos passando pelo Ensino Médio que vieram lá do pré-escola desse programa?**

Não. Com turmas grandes assim de trabalhar com quase todas as séries do ensino fundamental começou a quatro anos. Então nós temos alunos de 4º série que começaram desde a 3º série. Então os da 7º, 6º série são os estão mais avançados. Apesar de que , a gente sabe que, quando eles vão chegando na adolescência, ali tem a 6º, 7º série e a gente nota, até a 8º série diferentes grupos. É onde tem o maior grau de dispersão. E busco mais a explicação em função do corpo, angústias, necessidades, transformações que ele tem e ele se perde um pouco. Então eu acho que nesta etapa teria que haver uma intensidade maior do trabalho para não deixar eles se dispersarem. Teria que fazer um trabalho de acompanhamento. Claro que dando suas orientações que angustia ele, mas ao mesmo tempo dando para ele e estimulando a continuar o trabalho. É bem interessante esta faixa de 7ª a 8ª série, principalmente porque nota-se que a capacidade deles é mudar o rumo de observação. O corpo, as ansiedades que eles tem, as preocupações. Às vezes até, eles se fecham com a família e nem todos tem condições de se abrir. É com eu brinco, com alguns que a gente conhece a família e que a gente pode conversar com a família, de que o banho fica mais demorado, essas coisas assim. Eles vão descobrindo. Então ali é uma fase que a gente... que quer pegar cientista , quer formar uma pessoa que tenha essas características. Tem que tomar um cuidado maior. Porque às vezes ali tu perdes, e, é nesta fase que eu tenho a maior preocupação com o estudante de 2º grau, de ensino fundamental que entra no 2º grau, é ali onde normalmente o traficante entra no jovem que está ansioso, que está

com problema. Ele tem família e o casal já deve ter essa idade. Se ele tem onze anos, o casal deve ter onze anos de relacionamento. Então tem as relações familiares que pode afetar também. Então, normalmente o aluno que se perde ele acaba nessa idade, a idade fatal. Se fizer um gráfico, provavelmente, dos casos que tem incidência, eu acho que na 6ª, 7ª série, 8ª, por aí.

**Você acha que se tivesse nas aulas mais atividades desse tipo como fizemos na oficina ajudaria mais o aluno?**

Tenho impressão que sim. Não tenho dados ainda, mas tenho impressão que sim. Tudo que tu levas na sala de aula para o aluno, eu sempre levo, na medida do possível, experimentos que eles possam observar e a gente percebe que aquele aluno que é mais ansioso, que gosta mais daquela coisa, que está mais preocupado. Ele às vezes não consegue sentar na cadeira. Senta e levanta e tenta ir lá na frente, e a gente pede para ele sentar de novo. Ele está louco para mexer, tenho certeza, para ver o que vai acontecer. Então, mexe com a estrutura do aluno. Desde que seja um experimento que faça ele pensar. Então eu acho que para algumas etapas tem que ter experimentos de física. Experimentos assim que eles olhem e achem que vai dar alguma coisa e dá o contrário daquilo, aí eles ficam desesperados. E aí eles querem ver o que acontece. Para séries antes do 2º grau, principalmente 5ª, 6ª, 7ª, 8ª série é interessante.

**Deveríamos mudar o tipo de aula que damos?**

É um dilema. Porque a gente acaba trabalhando com isso aqui e eu acho que o próprio professor não gosta da aula que ele dá. Esta aula com giz e quadro negro. Mesmo porque tem professores que por necessidade repete um tipo de aula às vezes cinco, seis, sete vezes. Eu já por um período tive que dar quinze, dezesseis aulas com o mesmo conteúdo, da mesma matéria, no mesmo dia. Quando tu estás

lá pela sétima, oitava aula tu já não sabia se havia explicado aquilo, parece que tu já tinha explicado aquilo para a turma, mas tinha sido para turma anterior. Então é um caos. Então este tipo de coisa eu acho que não tem significado nem prazer. E eu acho que o ensino tem que ter, não digo que todo ensino tem que ter prazer. Porque tem horas que tu tens que se dedicar, mas tem que ter um momento que tu sintas que aquilo é o que tu queres, que tu gostas. Então acho que a aula de física, e é isto que eu tenho conversado com o grupo de professores de física. Acho que já que nós temos recursos mais ágeis e interessantes, com um visual bom daí. Eu acho que dá para pegar, por exemplo um bom "software" e através deste "software" iniciar uma aula, uma coisa interessante, bonita, com uma boa aparência. Um projetor, uma coisa, e aí se inicia uma discussão e no momento que começou a dúvida para solucionar aquela discussão, aí sim tu entras com o material de pesquisa para o aluno tirar a conclusão dele. Eu acho que isso seria uma aula assim que.... Não digo que todo dia tenha que fazer isto. Mas para iniciar um conteúdo e depois o aprofundamento disso aí, com exercícios bem formulados e relacionados com aquilo que foi discutido. Por isso que tem que ter um tema. Este tipo de "software" tem ser uma coisa bem interessante direcionada àquilo que eu quero, porque em prova o tipo de exercício ele tem que iniciar com aquele enfoque que foi dado. E, depois sim, o aprofundamento. E em alguns casos até exercícios bem mais complicados como desafio. Porque tem alunos que gostam muito disso e vibram quando conseguem. Mas eu acho que a nossa aula está hoje, bem aquém do que deveria. Toda vez que nós pegamos um professor de ciências ou um professor que está iniciando um curso de física e que a gente conversa, eles vão no nosso laboratório dar uma olhada eles sempre dizem : " eu tenho medo desse conteúdo, não estou seguro com isso". E aí, que tipo de aula que ele vai dar? Ele vai fazer alguma coisa que ele tenha

segurança. Então lá no seu 5º, 6º ano que ele vai começar a descobrir a sua área e aí vai criando coisas novas. Então é um processo que todo mundo vai continuando, só que eu entendo que a gente precisaria criar uma coisa assim já para que o professor que saísse de uma universidade já tivesse recursos bem interessantes para o aluno. E já ir seguro. Hoje as nossas universidades, não posso falar de muitas, mas aquele nem todo professor que se forma em ciências sai em condições de dar aula de ciência. Como o professor de Biologia que dá aulas de Física e Química, e, como ele não gosta, então ele acaba dando aula de o programa de Física e Química como ele pode. Alguns problemas relacionados com equações e do fenômeno físico, passa por cima. E esse aluno é o que tu pegas no 2º grau. Aí tu vais trabalhar com experimentos e ele não tem nem idéia do que é. Então é um trabalho que tem que começar bem mais cedo e com experimentos interessantes.

## **ENTREVISTA 05 - Prof. E**

### **Você já conhecia esta técnica?**

Não. Eu te digo que nunca pude imaginar que pudesse explorar esta técnica. Até porque, claro, eu não tinha conhecimento da composição do material. Claro que isso aí agora abre campo para outras coisas. Inclusive até o que me chamou atenção também foi o tipo do grafite. Que tem que ser um tipo, não pode ser outro. Eu no fim não tinha idéia. Acostumada só com o tradicional, que já vem pronto.

### **O que você acha dessa técnica?**

Eu acho que esta contribuição é bem interessante porque a gente pode manusear ela direto e tem fácil acesso. Tu não depende de valores financeiros. Quando vocês estão com a ponta do lápis, uma folha de papel. Isso aí com relação... eu não tenho

idéia de valores, mas para comprar capacitores, para comprar resistores para fazer trabalho em aula. Isto te dá um custo bem mais acessível e demonstra melhor o que a gente quer .... o que agente está buscando. Então eu acho que para uma aula, até mesmo à nível de 2º grau, ensino médio agora, é uma coisa bem válida. Para poder, até mesmo trabalhar na aula, não ficar só no experimento.

**Você usaria a técnica nas suas aulas do 3º ano?**

Sim. Usaria até como eu te disse, até porque, eu fui monitor nos laboratórios de 1, 2 e 3 da física. Então a gente vê assim... isso é até um experimento muito interessante. Porque a gente está acostumado a pegar do livro: resistor é "tanto", tu medes e tem que dar "tanto" . Cálculos exatos, né? E como a gente trabalha em cima de experimentos ele não vai dar exato porque sempre tem uma margem de queda, enfim. Então isto tudo dá "pano pra manga". Porque deu diferente, se era para dar cinco, por que é que deu quatro e meio? Então eu acho muito interessante isso porque puxa muito a criatividade, o querer saber porquê.

**Você acredita que esta forma como trabalhamos nos dois dias, apesar de ser pouco tempo, desta maneira seria mais interessante trabalhar este conteúdo no 3º ano?**

É, até porque dentro de uma sala de aula a gente tem vários níveis de conhecimento, então quando tem alguém que tem um pouco mais de facilidade de assimilar, tu dá uma coisa teórica e ele assimila, agora com outros já fica um pouquinho complicado. Então quando a pessoa manuseia a coisa e, até por curiosidade ele começa a puxar outros métodos "ah, se eu botar dois, se eu diminuir a espessura da minha resistência, o que vai acontecer?...". E com a resistência comprada ele não consegue fazer isto. Então numa experiência ele tem como mexer, a gente aprende mesmo manuseando, mexendo, testando, vendo ali. Ali é

que vem mesmo o conhecimento. Então eu acho que isto é o conhecimento dentro da aula. Claro que aí teria que ter toda uma base anterior e não chegar assim e largar o experimento ou talvez até largaria o experimento com primeiro e deixaria a gurizada quebrar a cabeça e depois a gente começaria, aquela situação é assim e assim, o que diminuiu, o que aumentou a espessura da resistência. O que aconteceu no capacitor pequenininho, no maior, quando colocou um do lado do outro, quando emendou... Enfim, aquela coisa toda, né? Então eu acho que como experiência a gente tem muito que ver, que sentir para poder assimilar melhor. E o experimento por mais simples que seja, como ele, a gente assimila mais. Um aluno dentro da sala de aula, o professor fala e se ele não pegar e não ler, ele não vai ter, e, às vezes a própria leitura, por alguma dificuldade ele não consegue assimilar. Então se ele está mexendo na coisa ali, no momento que surge a dúvida já está ali o professor ou os outros colegas e tudo já facilita o ensino.

**Você acredita que atividades desse tipo se pudessem ser feitas em outras áreas da física ajudaria o aluno no seu aprendizado?**

Eu acredito que sim. Porque até, acredito eu, uma das invasões que tem na sala de aula é a falta de interesse ou talvez o professor não consiga transmitir aquilo para o aluno e o aluno acaba perdendo o interesse e saindo. Então com essas aulas práticas, vai segurar mais o aluno dentro da aula e vai despertar mais o interesse pelo teu aprendizado. Então, na medida do possível, vários outros experimentos nesse nível simples. Como nós usamos ali, uma garrafa plástica. Isto aí pede um dia para a gurizada trazer uma garrafa plástica semana que vem cada um para fazer uma coisa diferente, por exemplo. Aí já ficam curiosos para saber o que tu queres com uma garrafa plástica. Isto já prende atenção e disto vem a criatividade. Em outra áreas, claro, também teria que haver esta pesquisa de como que fazer com

uma coisa simples e poder colocar dentro de outros conteúdos.

**O que mais você gostaria de acrescentar?**

Achei muito interessante o trabalho. Até abre imagens assim... claro que aí a gente já entra um pouco mais... numa parte mais profunda em ver o que compõe aquele grafite para ver o que ocasiona a resistência, esta coisa toda. Então em cima disto proporciona buscar outros materiais que teriam uma composição semelhante e que tenha o mesmo efeito. Eu, particularmente, não teria imaginado que o grafite.... Então é uma coisa assim: mas será que se eu pegar ali uma caneta vai fazer o mesmo efeito? Como o que a gente fez com o lápis de cor o efeito foi o mesmo e se eu mudar a cor do lápis, vai mudar o efeito? Então eu acho que tem que ver que com uma coisinha simples tu já começa a pensar várias outras coisas: será que dá isso? será que dá aquilo? vamos tentar, vamos fazer.

**ENTREVISTA 06 - Prof. F**

**Você já conhecia esta técnica?**

Não conhecia e achei bem interessante, passando para os alunos uma coisa utilizando um material disponível e de forma que tu tenhas condições de desenvolver em qualquer sala de aula esses experimentos. Porque nós temos um multímetro ali e a vontade do aluno de participar. Muito interessante.

**Você acha que esta forma de trabalhar o conteúdo de resistores no 3º ano desperta a vontade dos alunos de conhecer mais o assunto?**

Sim, porque é um assunto que não está esgotado em si mesmo. Até para nós, professores, vivenciamos coisas bem interessantes. Experimentos variados, em cima do mesmo tema. Então eu acho que há possibilidade de maior abertura e

pesquisas em cima deste tema. Até a função do grafite como condutor: por que ele é um condutor sendo um não-metal? Por que o número de camadas influencia na resistência? Tudo isto que se pode trabalhar em sala de aula. E a questão do própria estrutura atômica do grafite se pode trabalhar em química, com física na parte de materiais.

**Você acredita que os alunos, nos dias de hoje, são mais receptivos à este tipo de trabalho? Ou seja, eles querem mais estas atividades onde eles podem participar ou, não?**

Eu acho que sim. Um aluno busca hoje coisas que se relacionem com o seu dia-a-dia, com o seu cotidiano e de maneira que eles consigam visualizar uma utilidade para aquilo. Quando tu trabalhas somente a parte teórica, sem dar fundamento, sem dar uma noção de aplicabilidade daquela teoria a tendência do aluno é de não entender o porquê daquilo tudo e também não compreender bem esses fenômenos. Mas, tu aplicando o contexto no cotidiano para ele, ele vai ter uma noção de como usar aquele conceito, portanto ele vai fixar com maior facilidade e também externar de uma forma mais precisa. Então acredito que realmente, desenvolvendo este tema tu tens como abranger com maior número de alunos a capacidade que eles têm, pela curiosidade, buscando, assim, um melhor entendimento de cada conteúdo teórico.

**Você acredita que se houvessem mais atividades desse tipo no ensino da física, e, em outras áreas, quando é possível, ajudaria o aluno no aprendizado?**

Evidentemente. Porque ele além de ter noção da própria física ele pode também se colocar em outras disciplinas onde vai aplicar este conceito e vai conseguir, então, ter uma interdisciplinaridade para cada assunto. Geralmente no colégio a gente aprende tudo ou passa tudo de uma forma decorada. Nada tem relação com outra



disciplina, ou uma aplicação direta muitas vezes, né? Então o que eu vejo é que a dificuldade do aluno é de se situar em cima de cada ponto teórico e tu concluindo com este trabalho tu tens condições de fazer uma abrangência bem maior colocando assim, uma visão de mundo melhor para o aluno. Ele conseguindo ver o mundo melhor ele vai conseguir também ver as particularidades desse mundo, melhor. E, portanto, as disciplinas inerentes a cada assunto vão ter um aporte maior de alunos bem mais preparados.

**Você tem alguma sugestão para modificar a técnica dos resistores e capacitores?**

Bom, o que eu trabalhei na questão dos resistores foi a influência do número de camadas em função da resistência. A gente pode perceber que quanto maior a camada, menor a resistência. Então são coisas inversamente proporcionais. Daí tu podes colocar também esta visão de proporcionalidade no aluno. A questão da 1ª Lei de Ohm, também pode ser estudada. A 2ª Lei de Ohm também. A influência da resistência com o comprimento do condutor e com a área da seção transversal. Tu podes trabalhar também a parte de Alotropia em química observando as diferenças entre a estrutura do carbono na forma grafite e o carbono na forma diamante. Pode explorar estas particularidades em termo de geometria molecular. Na parte da física tu podes trabalhar com a questão que foi desenvolvida em sala de aula. E tentei até procurar em livros e não consegui achar a questão da resistividade do grafite e o número de mols que tu consegues depositar em função de cada traço. Então, fazer uma relação entre a quantidade de grafite e a resistência deste. E explicar também a condutividade: por que o grafite conduz? Por que o diamante não conduz e o grafite conduz? O que está acontecendo ali? Explicar a questão das bandas livres, dos eletros de banda livre que tem a possibilidade de se movimentar na estrutura do

grafite, que é uma estrutura planar, enquanto que na estrutura do diamante, que tem um estrutura totalmente tridimensional que não pressupõe elétrons livre. Então este tipo de coisa é bem interessante de passar para o aluno. Tu mostrares que a abrangência de um assunto tão simples assim como este: trabalhar como grafite que é uma coisa que eles usam todos os dias nas suas lapiseiras, nos seus lápis, tu podes abranger este material como um referencial teórico e este referencial teórico pode abranger muito além da física e abrir horizontes para esses alunos e eles entenderem melhor a vida. No próprio contexto que eles têm. A questão da eletroquímica também, as pilhas. Tu sabes que ali nós temos o grafite como condutor, enfim. Dá para usar bastante.

## **ENTREVISTA 07 - Prof. G**

### **Você já conhecia a técnica dos resistores e capacitores?**

Não.

### **O que lhe chamou atenção?**

A resistência corrente que passa quando tu montas um circuito. Tu montas assim: pegas um lápis, monta o circuito e jamais tu pensas que ali vai passar alguma corrente, alguma coisa. E aquilo ali me chamou muito a atenção. E é um material barato para se trabalhar em sala de aula. Sai fazendo com os meus alunos. Isto é bom. Eles duvidavam que o grafite conduzisse, mas nós também duvidávamos, né? Aí eu disse: " pessoal, vamos montar, vamos fazer". Daí um fez com as mais grossas, outro com as linhas mais finas e a gente viu a diferença. Foi muito legal mesmo.

**Você acha que isso criou um interesse maior dos alunos pelo conteúdo abordado?**

Com certeza. Eles se empolgaram mais em estar na sala de aula. Aí qualquer cálculo que vem eles dizem: "professora, vamos fazer com grafite ". Eu digo: "vamos". Tu olha para eles e vê que o olhinho está brilhando, e é porque alguma coisa motivou eles. Isto é muito importante. Na minha opinião é fundamental. Quando a aula está apática, parada, não adianta, tem que trocar de técnica, tem que mudar. Senão, os teus alunos sofrem.

**Mas na aplicação da técnica você viu o olhinho brilhar?**

Vi o olhinho brilhar. Principalmente do Luciano e do Lucas. O Luciano talvez faça Mecatrônica aqui na Puc. Quando eu chequei tinha convidado ele para vir. Daí, sabe como é adolescente, naquela fase... Ele disse: "professora, eu vou". Aí eu vi que aquele "vou" dele que ele não ia vir. Aí eu falei: "Luciano, vou te dar uma chance. Vou te ajudar. O que o Marcos nos ensinou vou te passar". Ele adorou. E ele já construiu até capacitores. Um menino muito inteligente. Quando ele começou, desenhou um circuitinho do resistor. Depois ele montou que nem aquele do Catelli. Ele me olhava com aquele olhinho brilhando, vontade de dar um abraço nele. Eu disse: "viu, tu perdesse coisas muito melhores lá".

**Você acredita que se houvessem mais atividades onde os alunos pudessem interagir, o ensino da física seria diferente?**

Com certeza. Eu tento, mas eu tenho quinze turmas. Às vezes não dá. Às vezes eu fico conversando com eles, levo slides ou folhas e tento mostrar, mas eu acho que a prática é muito melhor. Às vezes até o material que a gente tem, por ser do estado, o estado não ajuda. Então muita coisa eu tenho que comprar do meu bolso e levo para eles. Mas quando eles começam a montar e fazer experiência ... Aquele do "eureka"

do Arquimedes, eles quase molharam a sala inteira porque levaram um negócio e botaram peso. Um bloco pesado, um médio, um leve e começaram a sair pelo corredor gritando "eureka!!!". Eu digo: se o diretor me pega aqui... A alegria da sala de aula é muito diferente. Ao meu ver e conversando com o Catelli a gente vê que esta turma que está se formando e que está vindo para a física é uma turma que vai levar este tipo de ensino para os colégios. E eu espero que melhore.

**Você acredita que o aluno tem potencial para buscar, ou seja, ele vai atrás, ele pergunta, ele corre quando necessário?**

Vai. Eles correm atrás. E se é difícil aí que eles querem mais, para ultrapassar limites deles. Um limite que eles acham que têm e eles correm muito atrás. O Einstein, apesar de ser um físico novo, não tinha livros na biblioteca com a bibliografia e eles foram atrás e me trouxeram um trabalho de cinco folhas e eu tive que ler todas as cinco folhas. Vi coisas muito bacanas. O aluno... o meu ver... quando eu entrei no colégio um professor veio e me disse que eles eram tudo uns burros. Que era para eu chegar lá, dar o ABC da física e terminava minha aula. Aí eu fiquei pensando que eu estudei toda vida num colégio do estado e não tive... não era assim. Aí eu disse para ele: mas, professor, eu estudei no estado todo o meu primeiro e segundo grau e nunca me senti burra. Daí ele disse que no interior as pessoas são mais aplicadas. Tudo bem, a voz da experiência tinha me falado, né?! Quando eu entrei na sala de aula, comecei a falar e a gente começou a construir paquímetros e foi indo. Trabalhando com equações e construindo eles mesmo. Eu pensei: "meu Deus, como existem pessoas ignorantes". E ele fala porque, no mínimo, ele não gosta do que ele faz. Eu amo o que eu faço e meus alunos eu tenho que fugir, me esconder deles na hora do recreio senão eu não saio de sala de aula. Então eu acho que o aluno.... a gente é uma fonte inesgotável. A gente está sempre

procurando desafios e o aluno, a mesma coisa.

**Você acha que teria que se modificar alguma coisa na técnica dos resistores e capacitores?**

Eu acho que não, Marcos. Talvez vá surgindo ao longo dos anos, mas agora, a meu ver, não. Porque é uma coisa muito simples e é da simplicidade que a gente tira as grandes idéias. Eu falei ao Luciano, meu aluno: viu o que tu perdeste? E ele: é professora, é. E tem outro aluno, o Juliano, que ele está na geografia e ele construiu um motorzinho. Ele só chegou e disse: professora, construi um motor. Eu digo: Juliano, pelo amor de Deus me traz. Só que aí o colégio trabalha por semestre, então eles fazem assim, quinze cadeiras juntas. E é aquela loucura. E eu não consegui ver o motor, e ele está na geografia. Procuro ele, mas no fim não acho. Porque eu quero que ele me dê o motor para eu estudar o motor dele. Para eu levar para a sala de aula. E ele era um aluno que eu não conseguia prender em sala de aula. Quando ele tinha que ficar dois períodos na sala de aula comigo, daí ele ficava agitado eu perguntava: Ju, o que tu tens?. E ele dizia: professora, não gosto de sala de aula. Então vamos fazer um trato, eu disse: uma semana antes da prova eu te digo os conteúdos e tu vais estudar por tua conta, já que tu não gostas de ficar na aula. Se tu tirares menos de dez, tu tens que voltar para sala de aula. E ele topou. Ele nunca tirou menos que dez nas provas ! Ele gabaritava as provas. E quis fazer a prova separada para ele. Pegava exercícios nossos. E ele sempre gabaritou as provas. Passou com média dez em física, e quase rodou em português. Eu digo: ah, não!

**Você gostaria de acrescentar algo mais?**

Eu adorei. Caiu do céu porque eu estava desesperada. Como montar circuito, dá um trabalho. Eu montei aquele que a gente faz com fruta, do Catelli. Também foi bem

aceito, mas tem toda aquela coisa de que tem que ser com fruta. E quando montar aquele resistor com lápis ali é bem melhor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS. American Association for the Advancement of Science, **Science for all Americans**. New York: Oxford University Press, 1990.

ARISTÓTELES. **Metafísica**, “Livro A, cap. I”. Coleção Os Pensadores. Editora Abril, São Paulo, 1979 (orig. século IV a.c.).

BARBERÁ, O e VALDÉS, P: El trabajo práctico en la enseñanza de las Ciências: una revisión. *Enseñanza de las Ciências*, 1996, 14(3), 365-379.

BORGES, A. T. O papel do laboratório no ensino de Ciências. **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Águas de Lindóia, SP. 1997, 27-29, p.2-11.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**, 3ª ed. Campinas: Autores Associados, 1998, 128 p.

FASOLO, Plínio. Excerto de mensagem de e-mail aos estudantes, 2004.

GASPAR, Alberto. Física – Eletromagnetismo e Física Moderna, Ática, 2000, 448 p.

HODSON, D. Toward a Philosophically more Valid Science Curriculum. In: **Science Education**, 1988, 72 (1).

LAZAROWITZ, R. TAMIR, P. Research on using laboratory instruction in science. In Gabel, D. L. (ed.) **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. New York: Macmillan, 1994, 94-128.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MEC/SEF, **PCN's de Ciências naturais para a 5ª a 8ª séries**, Brasília, Brasil, 1998.

MEC/SEF, **PCN's para o Ensino Médio**, Brasília, Brasil, 1999.

MILLAR, R e OSBORNE, J. Beyond 2000 – Science Education for the Future: The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation, Published by King's College London, School of Education, Cornwall House, Waterloo Road, Londo SE1 8WA, 1998.

MORAES, R. Análise de conteúdo. Educação – Revista quadrimestral da faculdade de educação da PUCRS, Porto Alegre, n. 37, p. 7 – 31, mar. 1999.

NARDI, Roberto (org.); ARRUDA, Sérgio M.; LABURU, Carlos Eduardo “Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências” in **Questões atuais no ensino de Ciências**, São Paulo: Editora Escrituras, 1998.

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

ROCHA, J . B da; COELHO, Suzana; SALAMI, M. A; RANGEL, M. R; SCHRAGE, P. U. Resistores de Papel e grafite: ensino experimental de Eletricidade com Papel e Lápis, **Caderno Brasileiro de ensino de Física, Florianópolis, vol. 20, n. 2, 135 páginas, agosto de 2003.**

SEE/MG, Proposta Curricular de Ciências para o Ensino Fundamental em Minas Gerais, 1998.

SEE/MG, **Proposta Curricular de Física para o Ensino Médio em Minas Gerais**, 1998.

VAN VLACK, L.H. **Princípios de ciência e tecnologia dos materiais**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 567 p.

[http://www.faber-castell.com.br/html/oficina-html/falando\\_serio/grafites1.htm](http://www.faber-castell.com.br/html/oficina-html/falando_serio/grafites1.htm)

<http://www.cmdmc.com.br/noticias/view.php?idnoticia=97&lingua=pt>