

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBÍMETRO DE BAIXO CUSTO – CBC

Luciano Soares Pedroso¹, Maria Lúcia Soares Pedroso², Giovanni Armando da Costa³

1. Pesquisador da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM – campus de Diamantina - MG

2. Pesquisadora da Universidade Cruzeiro do Sul – UNICSUL – São Paulo - SP

3. Estudante da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG – unidade de Passos - MG

Resumo:

Este artigo propõe a construção e a validação de um instrumento eletrônico denominado Coulômbímetro de Baixo Custo (CBC), aliando a simplicidade e o baixo custo, o que o torna mais simples e barato do que aqueles que se encontram no mercado. A construção do CBC passa pelo uso de um transistor de efeito de campo (MOSFET), LED, resistor e bateria de 9,0V, com conexões simples e elementares o que o caracteriza como instrumento de medida de baixo custo. A validação do CBC ocorreu através da comparação entre os resultados da Série Triboelétrica e os experimentos realizados em um ambiente climatizado, comprovando sua efetividade como instrumento de coleta de dados relacionados a conceitos de eletricidade estática. O uso do CBC tende a facilitar a difusão e o acesso a este tipo de instrumento de medidas entre professores do ensino médio e instituições de ensino, sendo ideal para constituir um laboratório de ciências.

Autorização legal: não se aplica

Palavras-chave: experimento de baixo custo, eletrostática, série triboelétrica.

Apoio financeiro: CAPES

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFVJM

Introdução:

Este trabalho propõe a construção e validação de um instrumento eletrônico denominado Coulômbímetro, aliando a simplicidade e o baixo custo, o que o torna mais simples e barato do que aqueles que se encontram no mercado. A sua construção tende a facilitar a difusão e o acesso a este tipo de instrumento de medida entre professores do ensino médio e instituições de ensino, sendo ideal para ser usado em aulas de Física, Química e Ciências.

A Eletrostática, conceito chave tratado no Coulômbímetro, segundo Roditi (2005,76),

é o “Ramo da Física que investiga as propriedades e o comportamento dos campos elétricos de cargas elétricas ou fontes de cargas estacionárias”, ou seja, ela se ocupa das propriedades das cargas elétricas em repouso.

Um dos fenômenos eletrostáticos mais antigo conhecido é o que ocorre com o âmbar amarelo no momento em que recebe o atrito e atrai corpos leves. Tales de Mileto, no século VII a.C., já conhecia o fenômeno e procurava descrever o efeito da eletrostática no âmbar. Também os indianos da antiguidade aqueciam certos cristais que atraíam cinzas quentes, atribuindo ao fenômeno causas sobrenaturais. O fenômeno, porém, permaneceu através dos tempos apenas como curiosidade.

No século XVI William Gilbert (1544-1603) utilizou a palavra “eletricidade”, a qual deriva da palavra grega “elektron”, que era o nome que os gregos davam ao âmbar.

Gilbert reconheceu que a propriedade eletrostática não era restrita ao âmbar amarelo, mas que diversas outras substâncias também o manifestavam, tais como diversas resinas, vidros, enxofre, entre outros compostos sólidos. Através do fenômeno da eletrostática nos sólidos observou-se a propriedade dos materiais isolantes e condutores.

Otto Von Guericke (1602-1686) inventou o primeiro dispositivo gerador de eletricidade estática, que era constituído de uma esfera giratória composta de enxofre com o qual foi conseguida a primeira centelha elétrica através de máquinas.

A partir de 1933, Robert J. Van de Graaff (1901-1967) construiu as primeiras máquinas eletrostáticas modernas, que produzem diferenças de potencial de vários milhões de volts, usadas para acelerar partículas. (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

Assim, o aparato experimental proposto nesse trabalho (Coulômbímetro de baixo custo) caracteriza-se por ser um instrumento utilizado para indicar a presença do campo elétrico e o sinal da carga elétrica que se

encontra em excesso em corpos eletrizados por atrito, contato ou indução. Este tipo de equipamento é adequado para ser usado nas escolas para confirmação da série triboelétrica, da lei de Coulomb e nas aulas de Química Analítica para verificar a quantidade de matéria transformada em uma reação de eletrólise, entre outros espaços. Ele consiste basicamente de um MOSFET, resistores, LED's e uma bateria de 9,0 V.

Metodologia:

O Transistor MOSFET

O MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor* ou Transistor de Efeito de Campo de óxido de Metal Semicondutor) é um transistor de efeito de campo (CIPELLI e SANDRINI, 2001). Quando um campo elétrico se aproxima da sua antena, ocorre o fechamento do circuito elétrico que aciona o brilho do LED, dependendo da distância e do sinal do corpo eletrizado. Durante a construção do Coulombímetro sugerido neste trabalho podem ser explorados conhecimentos relacionados a unidades de medidas, lei de Coulomb, processos de eletrização, semicondutores e Física Moderna, podendo ser útil também em trabalhos e projetos interdisciplinares. Desta forma, optou-se neste trabalho por construir um Coulombímetro de baixo custo, tendo por base um MOSFET do tipo NPN e outro do tipo PNP (Fig. 1).

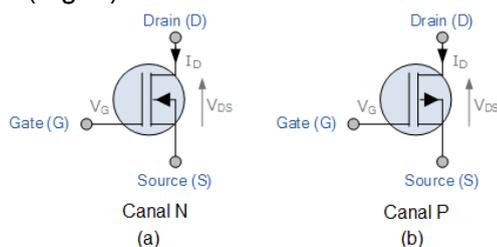


Figura 1: MOSFET do tipo NPN em (a) e PNP em (b). Fonte: acervo dos autores

Os MOSFETs são transistores de efeito de campo que, diferentemente de transistores comuns, funciona como um comutador controlado por tensão.

Um transistor de efeito de campo atua como elemento resistivo controlado por diferença de potencial (BOYLESTAD e NASHELSKY, 1998). O MOSFET pode ser do tipo NPN ou PNP. O transistor do tipo N interage com o campo elétrico gerado por cargas positivas do objeto eletrizado (V_G) através do *gate* (para esse projeto será usado como antena) e fecha um contato entre o *source* (entrada de potencial) e o *drain* (saída para o LED),

designado como a diferença de potencial V_{DS} . Já o transistor do tipo P interage com o campo elétrico gerado por cargas negativas do objeto eletrizado através do *Gate* e fecha o contato entre o *source* e o *drain* (Figuras 2 e 3).

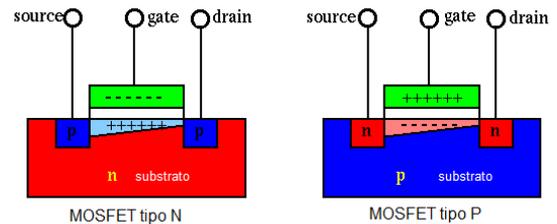


Figura 2: MOSFET com indicação do campo elétrico em seus terminais. Fonte: acervo dos autores.

A figura 2 possibilita a seguinte interpretação: quando um campo elétrico gerado por cargas positivas se aproximar do *gate* (porta) de um MOSFET tipo N, ocorrerá uma atração entre os elétrons que estão mais acima no *gate* e os prótons em excesso no objeto eletrizado ocasionando um fechamento no circuito entre os pontos de *source* (fonte) e *drain* (drenagem), estabelecendo uma Diferença de Potencial (DDP) capaz de acionar o LED.

Em um MOSFET tipo P, quando um campo elétrico externo gerado por cargas negativas se aproximar do *gate*, ocorrerá uma atração entre os elétrons no objeto externo e os prótons mais acima no *gate*, estabelecendo uma DDP entre o *source* e o *drain*, acionando o LED.

A figura 3 descreve o comportamento do MOSFET tipo N quando se aproxima do *gate* um campo elétrico externo gerado por cargas positivas.

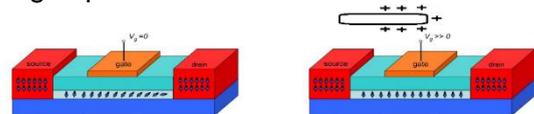


Figura 3: MOSFET tipo N interagindo com campo elétrico externo. Fonte: acervo dos autores.

Construindo o Coulombímetro de baixo custo – CBC

A construção do Coulombímetro sugerido neste trabalho (CBC) é bastante simples, sendo necessários os materiais mostrados na Fig. 4, ou seja, um MOSFET que será usado como uma chave, sendo responsável por caracterizar a interação entre o campo elétrico do objeto eletrizado e o LED, cabos de fios para se efetuar as conexões, um LED vermelho para indicação de campo elétrico positivo ou um LED verde para indicação de campo elétrico negativo, uma bateria de 9,0V com conector e um resistor de

680Ω.



Figura 4: Materiais necessários para a construção do Coulombímetro. Fonte: acervo dos autores.

A construção do CBC, com os componentes listados na figura 4, tem custo em torno de R\$14,90.

O tipo do MOSFET a ser usado (tipo N ou tipo P), bem como a identificação de seus terminais pode ser acessado em: <https://www.youtube.com/watch?v=45EF7vrlXW4> acesso em 26 mar. 2017.

A montagem do CBC para detecção do campo elétrico e seu esquema encontra-se nas figuras 5 e 6.

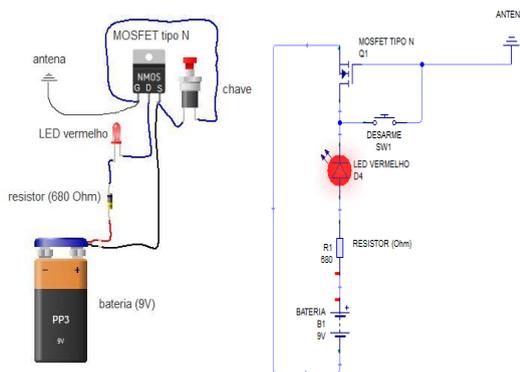


Figura 5: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas positivas. Fonte: acervo dos autores.

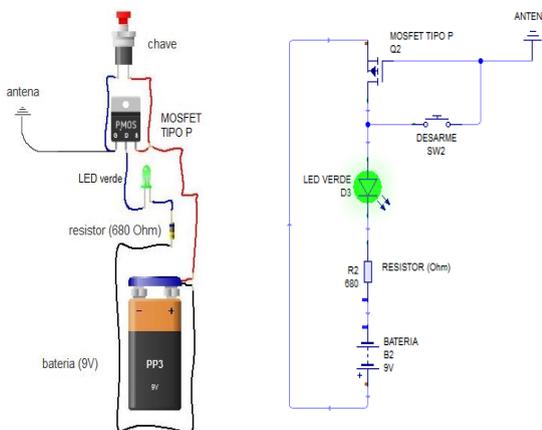


Figura 6: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas negativas. Fonte: acervo dos autores.

A chave utilizada nos dois projetos indicado pelas figuras 5 e 6 é opcional pois sua função é neutralizar o campo elétrico que

fica em excesso no MOSFET quando o corpo eletrizado toca a antena. Para essa função basta tocarmos com os dedos, concomitantemente o *gate* e o *source*.

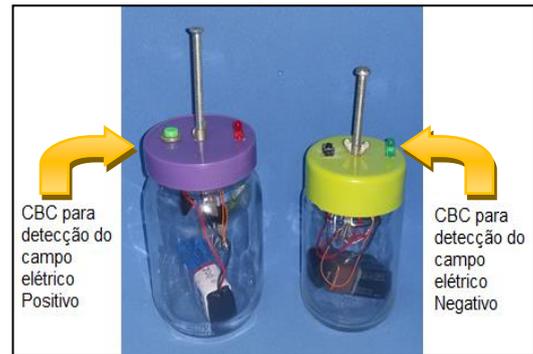


Figura 7: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas Positivas (LED vermelho) e campo elétrico gerado por cargas Negativas (LED verde). Fonte: acervo dos autores.

Resultados e Discussão: Validando o CBC

Para validar o CBC, utilizou-se uma tabela da série Triboelétrica.

As tabelas da Série Triboelétrica possuem alguns materiais que, após entrarem em contato com outros, ficam eletrizados. Esse efeito é conhecido como efeito triboelétrico e é aumentado quando os materiais são esfregados um contra o outro.

A série Triboelétrica é uma lista de materiais que mostra a tendência relativa de ceder ou receber elétrons no processo de eletrização. Um material que aparece no topo da lista fica com carga positiva quando atritado com um material que está listado abaixo dele. No entanto, esse ordenamento não é reprodutível e depende da umidade, da limpeza da superfície e do processo de fabricação dos materiais.

Tabela 01: Série Triboelétrica. Fonte: RECHES e SNYDER, 2009.

Espuma de poliuretano
Cabelo, pele oleosa
Vidro
Papel
Algodão
Acrílico
PET
Borracha (EVA)
Poliestireno (CANUDO DE REFRIGERANTE)
Polietileno de Baixa Densidade (PEBD – sacolinha de plástico)
PVC
Látex de borracha (BEXIGA)

Para validar o CBC, partimos da série triboelétrica acima e construímos a tabela abaixo:

Tabela 02: Validação do CBC. Fonte: resultados obtidos pelos autores.

Bexiga atritada com cabelo humano	Acrílico atritado com cabelo humano
	
Bexiga atritada com espuma	Acrílico atritado com espuma
	
Bexiga atritada com algodão	Vidro atritado com papel
	
Bexiga atritada com sacola plástica	Acrílico atritado com sacola plástica
	
Vidro atritado com espuma	Vidro atritado com algodão
	
Bexiga atritada com papel	Canudinho atritado com algodão
	
Canudinho atritado com papel	Canudinho atritado com espuma
	

Constata-se, pelas imagens que se encontram na tabela 2, que todos os resultados dos processos de eletrização que ocorreram por atrito condizem com os

resultados certificados na Série Triboelétrica da tabela 1.

Conclusões:

Uma boa compreensão das características mensuráveis da eletrização e do campo elétrico e a utilização de instrumentos que facilitam estas medidas utilizando-se de materiais de baixo custo e fácil aquisição podem proporcionar importantes aprendizagens conceituais no que diz respeito à lei de Coulomb bem como de suas aplicações. A utilização do CBC pode representar uma alternativa inovadora à prática pedagógica do professor, auxiliando na motivação do estudante no processo educacional e possibilitando aprimorar a sua aprendizagem. Além disso, possibilita a utilização de conceitos da Física em uma situação real, o que não acontece na maioria das situações propostas no atual ensino desta área de conhecimento.

O CBC pode ser usado ainda como recurso didático alternativo, na descoberta do sinal do corpo eletrizado e dos processos de eletrização sem, no entanto, desprezar os instrumentos profissionais, mas correspondendo a uma alternativa mais barata e acessível, o que facilita largamente o seu uso na maioria das escolas brasileiras, onde normalmente são escassos os recursos e materiais de apoio à atividade pedagógica dos professores.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 2: p.176-194, 2003.

BOYLESTAD, R. L. ; NASHESKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.

CIPELLI, A. M. V. ; SANDRINI, W. J. **Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos**. 18.ed. São Paulo: Érica, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. ; WALKER, J. **Fundamentos de Física 3: Eletromagnetismo** (Editora LTC, Rio de Janeiro, 2016), v. 3. 10ª ed., 432 p.

RECHES, M., SNYDER, P.W. **Folding of Electrostatically Charged Beads-on-a-String: An Experimental Realization of a Theoretical Model**, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2009.