

## UTILIZANDO MATERIAIS RECICLADOS NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS NA AMAZÔNIA

**Diorge de Souza Lima** – diorge.lima@tucurui.ufpa.br

**Samara Pereira da Silva** – samara.silva@tucurui.ufpa.br

**André Ferraioli Neto** – andre.neto@tucurui.ufpa.br

**M.Sc. Wellington da Silva Fonseca** – fonseca@ufpa.br

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Campus Universitário de Tucuruí

Rua Itaipu, 36

68464000 – Tucuruí – Pará

**Resumo:** A UFPA, localizada em Tucuruí em plena Amazônia, desenvolve trabalhos de sustentabilidade no município. Atividades de coleta seletiva são desenvolvidas pela empresa referência do município, Centrais Elétricas Brasileiras S.A - Eletrobrás. Porém, não há conscientização da sociedade que esse material pode servir para sua própria educação. Os alunos do Campus Universitário de Tucuruí da Universidade Federal do Pará desenvolvem através do Projeto de Extensão Laboratório de Engenhocas experimentos que utilizam materiais reciclados desenvolvendo atividades relacionadas ao curso de engenharia. Experimentos que envolvem a área de eletromagnetismo despertam bastante o interesse dos discentes de diversas áreas, em especial aos do curso de Engenharia Elétrica, pois este conhecimento ajudará no desempenho acadêmico e principalmente profissional, já que são assuntos diretamente relacionados ao curso, experimento estes como: gerador de Van Der Graff, garrafa de Leyden e o gerador eletrostático de Kelvin. O gerador de Van Der Graff pode ser aplicado em estudos físicos para acelerar partículas eletrizadas, por exemplo, os elétrons, fazendo com que essas partículas atinjam grandes velocidades para serem lançadas contra o núcleo atômico. A garrafa de Leyden sendo um capacitor têm aplicações na sociedade, por exemplo, o circuito de uma lâmpada utiliza capacitor que libera descargas elétricas para o funcionamento da mesma. O gerador eletrostático de Kelvin é um experimento que possibilita demonstrações simples de efeitos eletrostáticos como o princípio da ocorrência de descargas elétricas na superfície terrestre e explicar porque não são permitidas construções nem queimadas abaixo de linhas de transmissão.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Reciclagem, Eletromagnetismo.

### 1 INTRODUÇÃO

Em geradores eletromagnéticos, condutores carregados são movidos contra a força eletromagnética que age sobre eles. Diferentemente os geradores eletrostáticos convertem a energia mecânica diretamente em energia elétrica, onde as cargas elétricas são movidas contra a força do campo, assim maior energia potencial é obtida por meio da energia mecânica (WADHWA, 2007). Em 1930 um físico norte-americano construiu uma máquina eletrostática

que tomou o seu nome, o gerador de Van Der Graff, que é uma máquina destinada a laboratórios de Física Nuclear sendo constituída por dois cilindros ligados por uma correia na qual a geração de eletricidade ocorre por fricção e indução. Os geradores de Van Der Graff atingem tensões de milhões de Volt (FILHO & SILVA, 2004), essas tensões geradas podem ser armazenadas por um tipo de capacitor, como a garrafa de Leyden. Em 1746 o físico holandês Pieter van Musschenbroek, professor em Leyden, estava tentando introduzir cargas elétricas na água de um recipiente ligada a um cano metálico carregando através de um fio de cobre mergulhando na água. Um estudante estava segurando o recipiente enquanto Pieter carregava o cilindro por atrito. Quando o estudante esbarrou no cano com a outra mão, levou um violento choque! Assim foi descoberta a “garrafa de Leyden”, o primeiro capacitor (ou “condensador”), capaz de armazenar carga elétrica. (Nussenzveig, 2006).

Também envolvendo descargas elétricas, Kelvin construiu um gerador eletrostático gotejante, que funciona através de uma queda de gotas de água eletrizadas. Ele chega a gerar descargas elétricas causadas por diferenças de potencial da ordem de milhares de volts. Este instrumento é razoavelmente simples e barato de ser construído. Com ele podem ser explorados em sala de aula diversos aspectos relacionados com a eletrostática. Para realização do experimento, inicialmente precisa de um eletroscópio eletrizado por atrito e transferir suas cargas para um dos lados gotejantes do gerador de Kelvin, assim com a diferença de potencial inicia o processo para a descarga elétrica. Porém, devem-se tomar cuidados com alguns fatores que influenciam no não funcionamento. “A umidade do ar pode ser um problema para o funcionamento ideal deste gerador eletrostático. Quanto maior a umidade, maior é a perda de cargas para o ar. Em alguns momentos é interessante que seja utilizado um secador de cabelo em toda a estrutura e no ambiente ao redor do gerador, para diminuir a umidade.” (DAHMEN, 2008).

De forma sustentável, os discentes desenvolvem trabalhos para ampliar seus conhecimentos em suas áreas específicas e leva-los à comunidade, onde transforma o que seria lixo em experimentos de instrumento educacional. A realização dos experimentos a seguir foi gerada a partir da iniciativa do Projeto de Extensão Laboratório de Engenhocas, este tem como objetivo levar os experimentos desenvolvidos pelos discentes ao ensino básico, médio e superior da rede pública de Tucuuruí, visando despertar o interesse da comunidade pela ciência e tecnologia, lembrando que os experimentos são realizados com materiais recicláveis, devido ao caráter socioambiental que o projeto possui.

## **2 EXPERIMENTOS**

### **2.1 Gerador de Van Der Graff**

O modelo do gerador desenvolvido por Van Der Graff apresenta o material isolante que é a correia, essa entra em contato com dois cilindros sendo o superior dentro da cápsula e inferior ligado a um motor que deve-se manter uma velocidade entre 15 a 30 metros por segundo (WADHWA, 2007). Ao iniciar o movimento de rotação do cilindro excitará os elétrons da correia, sendo que na parte inferior e superior do experimento apresenta várias agulhas, ou seja, pontas. Aqui acontece o efeito das pontas onde as cargas são transportadas pelas agulhas, lembrando que a mesma não deve entrar em contato com a correia. A carga transportada para a extremidade superior onde é coletado da correia por vários pontos e dissipados na cápsula, sendo essa de formato esférico e de material metálico.

## 2.1.1 Materiais e metodologia

- Cano PVC de 50 mm (pedaço de aproximadamente 40 cm);
- Fios de cobre de 4 mm;
- Motor de bateadeira;
- Latinha de refrigerante de 350 mL;
- Suporte de madeira (20 x 40 cm);
- Cilindro de aço;
- Cilindro de teflon;
- Escovas (feitas com fios de cobre);
- Tira de couro.

Usa-se o cano PVC para servir como a coluna do gerador, dentro dele serão colocado dois cilindros, o superior será de aço e o inferior será de teflon, assim coloca-se a tira de couro de forma que fique bem esticada. Depois de colocado o couro, afere-se as escovas, superior e a inferior, respectivamente ligada na cápsula e no aterramento. Lembrando que as escovas devem ser muito próximas, porém não devem entrar em contato com a tira para assim acontecer o efeito das pontas. A madeira servirá de suporte para a estrutura do gerador, permanecendo fixo, evitando vibrações que possa atrapalhar o desempenho do gerador de Van Der Graff. A latinha servirá como cápsula, essa deve estar em contato com a escova superior para assim ser eletrizada.



Figura 1 – Gerador de Van Der Graff

Assim como o gerador de Van Der Graff, o gerador de impulso de tensão atua com o mesmo princípio em testar a capacidade dos equipamentos elétricos em suportar sobretensões, ou seja, descargas atmosféricas. Gerador de impulso é o termo usado para definir o gerador de apenas um pulso. Os geradores de impulso são então necessários para verificar as condições de suportabilidade dos equipamentos elétricos de alta tensão, quando submetidos a esforços dielétricos normalizados. Adicionalmente, os geradores de impulso de tensões são necessários na pesquisa e desenvolvimento de novos equipamentos elétricos e materiais isolantes, bem como no estudo dos fenômenos associados às altas tensões. (SCHAEFER, 2008) O gerador de Van Der Graff por atingir milhões de volts, pode ser aplicado em estudos físicos para acelerar partículas eletrizadas, por exemplo, os elétrons, fazendo com que essas partículas atinjam grandes velocidades para serem lançadas contra o núcleo atômico, provocando dessa forma reações nucleares.

## 2.2 Garrafa de Leyden

A garrafa de Leyden foi descoberta em 1795 na cidade de Leyden, Holanda. O primeiro capacitor de alta tensão utilizado e a primeira forma prática encontrada para o acúmulo de significantes quantidades de carga elétrica. Com a garrafa de Leyden, quantidades suficientes para produzir fortes faíscas elétricas podiam ser armazenadas, o que logo levou o melhor entendimento das propriedades da eletricidade. Atualmente, é apenas utilizada para experiências em laboratório, pois já foram inventados capacitores mais eficientes, porque com o passar do tempo, a garrafa perde a carga. (QUEIROZ, 2000)

Para carregar a garrafa com a eletricidade estática é necessário o uso do gerador de Van Der Graff ou um eletróforo, bastando aproximar a esfera metálica da garrafa até o gerador ou eletrização por atrito.

Portanto, pode-se distinguir o funcionamento e as características de um capacitor, também conhecido como condensador, é um dispositivo que tem como função armazenar cargas elétricas. Ele é constituído de duas peças condutoras (placas metálicas) que são chamadas de armaduras. São posicionadas em paralelo e separadas por um material isolante que é chamado de dielétrico, que é uma substância isolante que possui alta capacidade de resistência ao fluxo de corrente elétrica e com sua utilização se torna possível colocar as placas do condutor muito próximo sem o risco de que eles entrem em contato.

São vários os tipos de capacitores, entre eles, plano, cilíndrico e esférico. Sendo a garrafa de Leyden é um capacitor cilíndrico o qual é formado por dois cilindros apresentando o mesmo eixo em comum (coaxiais), de diferentes raios. Demonstrado na figura 3.

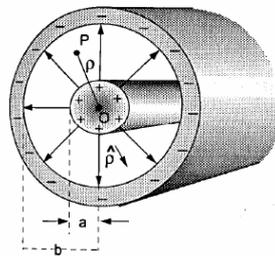


Figura 3 - O capacitor cilíndrico (NUSSENZVEIG, 1997).

Considerando um par de placas metálicas planas paralelas carregadas com cargas positivas e negativas, respectivamente, por exemplo, por estarem ligadas aos terminais de uma bateria. Sabemos então que o campo elétrico entre as placas podem ser considerado como uniforme. Mostrando que o capacitor cilíndrico é como um capacitor plano “enrolado”. Como fica demonstrada na igualdade abaixo, onde a capacitância de um cilindro é a mesma de um plano, se as áreas destes forem iguais. (NUSSENZVEIG, 1997) A garrafa de Leyden sendo um capacitor apresenta varias aplicações na sociedade, como por exemplo, o circuito de uma lâmpada utiliza capacitor que libera descargas elétricas para o funcionamento da mesma e são muitos utilizados em câmeras fotográficas para o funcionamento do flash, pois com o capacitor pode-se armazenar cargas para utilização rápida.

### 2.2.1 Materiais e metodologia

- Garrafa de água mineral;
- Papel alumínio;
- Epoxi;

- Fita adesiva;
- Bola de isopor;
- Fio de cobre rígido, 8 mm;
- Palha de aço.

Envolve-se a garrafa com três camadas de papel alumínio, e coloca-se uma pequena quantidade de palha de aço dentro da garrafa. Fura-se a tampa da garrafa e é colocado o fio de cobre, onde é fixada no topo a bola de isopor envolvida em alumínio. Para melhor fixação do fio, é usado epoxi para que o fio de cobre não se mova durante o experimento. A montagem conforme a figura 4.

O revestimento de alumínio funciona como armadura onde as cargas circulam externamente; como o tubo é de plástico não há fluxo de elétrons entre as camadas de alumínio e a palha de aço interna. A palha de aço é utilizada para armazenar os elétrons que serão carregados na bola de isopor e transferidos para o interior da garrafa. Quanto maior a quantidade de palha de aço, maior será o número de elétrons e, conseqüentemente, maior a quantidade de carga na garrafa.



Figura 4: Garrafa de Leyden.

A garrafa de Leyden, atualmente, é usada apenas para experimentos em laboratório, mas foi fundamental para o estudo de propriedades elétricas, pois era muito difícil armazenar altas tensões nos aparelhos criados na época em que foi descoberto. Os capacitores atuais são formados de dois eletrodos ou placas que armazenam cargas diferentes, e podemos observar o fato na garrafa: o polo positivo é a bola de isopor e o negativo, no corpo da garrafa. A diferença, é que a garrafa não é totalmente isolada, e os materiais utilizados são primitivos em relação aos atuais, que perdem a capacitância e a tensão ao longo do tempo que é utilizado e ainda precisa ser carregado em algum gerador de eletrostática, como o gerador de Van der Graff ou um cano PVC com estática. Além disso, é de fundamental importância alertar que o experimento deve ser realizado com cuidado, e de preferência com uso de EPI's, pois a alta tensão armazenada pode causar grandes descargas elétricas. Este experimento foi realizado no laboratório de engenhocas do Campus Universitário de Tucuuruí – CAMTUC.

A garra de Leyden e o gerador eletrostático de Van Der Graff podem ser relacionados ao fenômeno da formação do relâmpago, estes mantêm uma troca de cargas, sendo o capacitor

carregado negativamente, assim como a nuvem, e o gerador positivamente, da mesma forma que a terra. Demonstrado na figura 5.

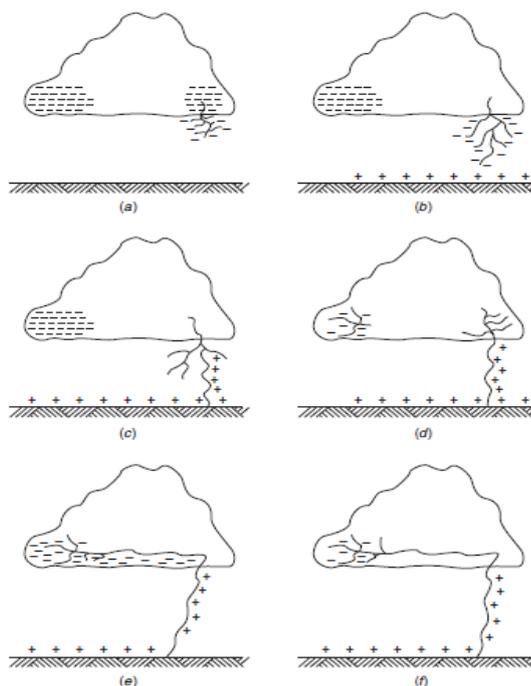


Figura 5 – Fenômeno do relâmpago (WADHWA, 2007).

## 2.3 Gerador de Kelvin

Quando uma gota é interrompida por correntes de ar, as partículas de água tornam-se positivamente carregadas e o ar negativamente carregado. (WADHWA, 2007) Esse princípio pode ser relacionado diretamente ao gerador eletrostático de kelvin, já que este apresenta descargas atmosféricas e diferença de potencial.

O gerador de Kelvin consiste na indução de cargas elétricas na superfície de um filete de água e o posterior aproveitamento de tais cargas para acumulação no sistema. Ao cair da torneira, a água (neutra), contém íons em solução, que nos permite gerar um desequilíbrio de cargas por indução. Suponha que o anel metálico (indutor) esteja carregado positivamente. Assim, é possível prever que ele estabelecerá um campo elétrico, que é nulo no centro do anel e máximo a uma distância  $x$  e sendo o raio  $R$ .

Deve-se então posicionar a altura do indutor de modo que a transição de fluxo contínuo de água para gotas ocorra nessa região em que o campo é máximo. Cargas negativas serão induzidas na superfície inferior do filete e as gotas formadas carregarão parte desta carga consigo, armazenando-a no coletor quando atingi-lo. Com o tempo, uma grande quantidade de carga negativa estará acumulada na superfície externa do coletor. E com o intuito de manter a carga positiva no indutor, é montado um sistema simétrico ao lado e conectando cada indutor ao coletor do outro lado, por exemplo: o coletor do lado esquerdo e, conseqüentemente, o indutor do lado direito esteja inicialmente carregados com uma pequena carga negativa, desse modo, cargas positivas serão induzidas na superfície do filete de água que passa por esse indutor. Na transição de fluxo contínuo para gota, as quais carregarão parte desta carga consigo, transferindo para o coletor ao atingi-lo. A carga positiva acumulada no coletor direito carregará o indutor esquerdo, que provocará o acúmulo de cargas negativas no

coletor deste lado, realimentando o processo inicial. O que temos então é um processo auto-sustentável, no qual as cargas geradas de um lado induzem cargas nos outro.

A energia necessária para fazer funcionar o gerador é provida, é claro, pela queda das gotas. A montagem pode ser feita mantendo-se suspenso um recipiente cheio de água no qual serão acopladas as torneiras ou utilizando-se de uma bomba para circular a água.

Restando ainda carga inicial no gerador, a qual deve surgir espontaneamente devido aos íons do ar, ao próprio manuseio do instrumento ou no atrito das gotas que caem com o ar. É claro que, desta forma, não será possível prever qual dos dois recipientes será positivo e qual será negativo. A carga inicial é uma séria dificuldade proporcionada pela alta umidade relativa do ar, pois neste caso a carga não aparece. Podendo assim, ser necessário forçar a carga inicial, por exemplo, aproximando-se um objeto eletrizado.

### 2.3.1 *Materiais e metodologia*

A armação foi totalmente feita de PVC. Na parte superior, foram colocados dois recipientes plásticos que servem de reservatório para a água. Na montagem, esses reservatórios estavam aterrados. Para isso foi colocado um fio condutor dentro da água de cada reservatório, e este foi ligado a um ponto em contato com o solo. Conectados aos reservatórios estão dois gotejadores que fornecem gotas constantes e permitem controlar a quantidade de gotas liberadas em função do tempo. Abaixo dos gotejadores estão as arruelas indutoras (2,5 de diâmetro externo e 1 cm de diâmetro interno). Presas a arames que atravessam o suporte de PVC central. Como é apresentado na figura 6.



Figura 6 – Montagem do gerador de Kelvin

A gota deve se desprender do gotejador um cm acima do indutor. Com isto se consegue que a parte inferior do recipiente de água acima do indutor fique carregada com uma carga oposta a do indutor. Ao descender, as gotas possuem uma carga resultante de sinal oposto à carga do indutor colocado abaixo delas, ou seja, eletrizando-as.

Os recipientes coletores das gotas precisam ser isolantes elétricos, com o objetivo de evitar que as cargas acumuladas escoem para a terra. Os recipientes foram construídos introduzindo uma lata de alumínio no interior de um pedaço de cano de PVC com 25 cm de

comprimento e 7,5 cm de diâmetro, atentando, para o fato de o final da lata terminar dentro do cano, não entrando em contato com o solo para evitar fuga das cargas acumuladas.

No interior de cada recipiente foi colocado um pedaço de fio metálico com uma pequena bola de papel alumínio em sua extremidade. Sendo uma ligada em cada coletor. As faíscas serão observadas entre essas bolas (5 cm de diâmetro).

Outro fio dentro de cada coletor inferior deve ser ligado de forma cruzada aos indutores. Assim as cargas armazenadas nos coletores também servirão para carregar os indutores. Conseguindo assim, um equipamento auto-sustentável, pois, as cargas geradas em um lado servem para induzir as cargas do outro lado.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O laboratório de Engenhocas tem influenciado de forma significativa na formação acadêmica profissional dos discentes da UFPA no Campus de Tucuruí, já que são realizados experimentos diretamente relacionados às disciplinas presentes na ementa do curso como eletromagnetismo e sistemas de potências, entre outros.

Um dos objetivos do laboratório é contribuir na formação dos engenheiros é contribuir na formação dos engenheiros capacitando-os e preparando-os às futuras práticas de diversas áreas do curso de engenharia elétrica. Com a criação de experimentos que abrangem conceitos sobre descargas atmosféricas, material condutor e isolante, adquiriu-se conhecimentos que podem ser aplicados na área de potência elétrica, sendo trabalhados esses conceitos em equipamentos elétricos, testes de suportabilidade e proteção para equipamentos de altas tensões. Além de adquirir conhecimentos citados anteriormente, há uma responsabilidade sócio ambiental do Projeto de Extensão Laboratório de Engenhocas em transformar o que seria lixo em instrumento para o conhecimento da sociedade e alunos da instituição.

### Agradecimentos

Agradecemos a coordenação do Campus Universitário de Tucuruí e a Faculdade de Engenharia Elétrica pelo apoio ao Projeto Laboratório de Engenhocas e a todos os discentes que participam do projeto que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

### 4 REFERÊNCIAS

CHAGNON, Paul; Animated Displays VI: Electrostatic Motors and Water Dropper, The Physics Teacher, vol.34.

DAHMEN, S. **A Física na Escola** Volume 09 nº: 01 Editora: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Brasil, maio de 2008.

FILHO, João Gonçalves Marques. SILVA, Silvio Luiz Rutz. **Física experimental eletricidade - magnetismo - óptica**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/2979202/Apostila-de-Fisica-Eletricidade-Magnetismo-Optica>> Acesso em: 28 de jun. 2011.

NUSSENZVEIG. H. Moysés. **Curso de física básica 3: Eletromagnetismo**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA. 1997.p.75.

QUEIROZ, Antônio Carlos M. de. **A garrafa de Leyden**. Disponível em: <<http://www.coe.ufrj.br/~acmq/leydenpt.html>> Acesso em: 27 de jun. 2011.

SCHAEFER, Jose Carlos. **Ensaio de impulso atmosférico e de manobra**. Disponível em: [http://www.fisica-potierj.pro.br/Raios/Sobre\\_Raios\\_%20e\\_Outros/EnsaioImpulsoAtmosferico.pdf](http://www.fisica-potierj.pro.br/Raios/Sobre_Raios_%20e_Outros/EnsaioImpulsoAtmosferico.pdf) Acesso em: 27 de jun. 2011.

WADHWA, C.L.. **High Voltage Engineering**. 2ª Ed. Estados Unidos: Editora New Age Internacional Publishers.2007.p.66.

## **USING RECYCLED MATERIALS IN THE TRAINING OF ENGINEERS ELECTRICIANS IN THE AMAZON.**

***Abstract:** The UFPA located in Tucuruí in the Amazon and currently works in the municipality of sustainability. Activities are designed for selective collection of municipal reference company, Brazilian Electric Power Company - Eletrobrás. However, there is awareness in society that it may serve to their own education. Students of the University Campus Tucuruí Federal University of Para developed through Extension Project Laboratory experiments contraptions that use recycled materials to develop activities related to engineering course. Experiments involving the area of electromagnetism arouse enough interest from students in several areas, especially those of the Electrical Engineering course, because this knowledge will help in academic performance and mostly professional, as are issues directly related to the course, as this experiment: Van Der Graff Generator, the Leyden jar and the Kelvin electrostatic generator. The Van Der Graff generator can be applied to physical studies to speed electrified particles, eg electrons, making these particles reach high speeds to be launched against the atomic nucleus. The Leyden jar is a capacitor has applications in society, for example, the circuit uses a lamp that delivers lightning capacitor for operating the same. The Kelvin electrostatic generator is an experiment that allows simple demonstrations of electrostatic effects as the principle of occurrence of lightning in the earth's surface and is not allowed to explain why no buildings burned down transmission lines.*

**Key-words:** Sustainability, Recycling, Electromagnetic.