

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Desenvolvimento de um gerador eletrostático de tensão: chuva elétrica de Kelvin

Autores: Ana Clara Francisco Nascimento, 051230023@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena; Jaqueline Miuki Vigna, 051230005@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena; Julia Vancin Pinho Masson, 051230035@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena; Pietra Palma Prati, 051230003@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena; Thainá Nascimento de Macedo, 051230022@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena; Paulo Cesar da Silva Emanuel, pro8808@cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Resumo

O trabalho apresenta os fundamentos e aplicações do gerador eletrostático, com destaque para a Chuva Elétrica de Kelvin, explorando desde sua história até seu funcionamento e implicações práticas. O conceito de gerador eletrostático é abordado, destacando sua evolução desde os primórdios da eletricidade estática até os modernos dispositivos como o gerador de Van de Graaff. A Chuva Elétrica de Kelvin é nomeada em homenagem ao físico Lord Kelvin. A montagem do gerador eletrostático Chuva Elétrica de Kelvin envolve a construção de uma estrutura de PVC, fixação de anéis indutores feitos de arruelas e fios de arame, instalação de reservatórios de água com gotejadores controlados, suspensão de recipientes coletores de carga elétrica dentro de tubos isolantes, conexão de fios condutores entre os coletores e os indutores opostos, e a montagem de um eletroscópio para verificar a retenção de carga elétrica. Com esses passos concluídos, o gerador está pronto para demonstrar conceitos de eletricidade estática. As aplicações práticas da Chuva de Kelvin são destacadas, incluindo seu uso educacional em escolas e laboratórios, bem como sua relevância em estudos sobre eletricidade e propriedades de materiais. Além disso, são discutidas as relações entre a Chuva de Kelvin e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Por fim, destaca-se a importância e relevância da Chuva Elétrica de Kelvin como uma experiência de baixo custo e alta eficácia para o ensino e compreensão de conceitos de eletrostática, além de seu potencial para contribuir para a inovação e o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Gerador. Faísca. Elétrica.

Introdução

A chuva elétrica gera altas voltagens ao fazer com que gotas de água, eletricamente carregadas, caiam durante o experimento. Essas gotas são armazenadas em recipientes isolantes, impedindo a dissipação da carga elétrica para a Terra. O dispositivo consiste em dois reservatórios de água na parte superior, dos quais a água goteja ao longo do experimento. Abaixo de cada gotejador, há um anel metálico eletricamente carregado, um positivamente e outro negativamente. Cada anel atua como um indutor de carga nas gotas. Nessa experiência, ocorrem altas tensões entre a água e o solo, da ordem de milhares de volts, fazendo com que a água se comporte como um condutor elétrico. (Camillo; Assis, 2008).

O fenômeno oferece insights relevantes para diversas áreas da ciência, incluindo meteorologia e física atmosférica. Ao investigar o processo de eletrificação da água, esta experiência também contribui para

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

um melhor entendimento dos fenômenos naturais, como a formação de raios em tempestades (Moura, 2020). A chuva de Kelvin não é apenas um experimento para a comprovação teórica, ele possui aplicações na prática, como por exemplo: é um instrumento de estudo para que cientistas possam compreender a formação de cargas em ambientes naturais, durante chuvas e tempestades muito fortes. O fenômeno também é utilizado nas escolas como uma forma prática para o entendimento dos alunos sobre os princípios fundamentais da eletricidade e a relação intrínseca entre água e energia, já que pode ser feito facilmente de maneira reciclável, sendo viável sua montagem com os alunos. Também tem aplicações em sistemas de geração de energia, tal fenômeno era muito utilizado pelos fazendeiros para a iluminação de galinheiros, e na pesquisa sobre propriedades de materiais em níveis moleculares. (Electricity, 2024)

Sendo assim, o conhecimento sobre a eletricidade gerada através da água da chuva, também pode ser usado no desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, como turbinas eólicas, e também pode ter aplicações em comunicações sem fio e outras áreas da tecnologia (Moura, 2020).

A sustentabilidade é um tema bastante discutido e, por isso, o projeto não poderia deixar de incluí-la, dessa forma, as relações entre a chuva de Kelvin e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável podem ser analisadas e compreendidas em diferentes perspectivas. Em ligação com o ODS 7 – Energia Limpa e Acessível: a água coletada da chuva pode ser utilizada como fonte de água para usinas hidrelétricas, que convertem a energia da água em eletricidade. Essa forma de energia é considerada limpa e renovável, pois não emite poluentes atmosféricos significativos e depende da disponibilidade contínua de água, que é um recurso natural. (Souza, 2020).

Ademais, existe uma interligação com o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: A coleta e o armazenamento da água da chuva de Kelvin, podem ser parte de soluções inovadoras para fornecer água para sistemas de irrigação em áreas agrícolas. Assim, pode ajudar a melhorar a produtividade agrícola, melhorando a infraestrutura e colaborando para reduzir a dependência de fontes de água não renováveis, de modo a promover práticas agrícolas mais sustentáveis. (Negreiros; Abiko, 2020).

O fenômeno também possui forte relação com o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis: A coleta e o uso da água da chuva de Kelvin podem promover o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos, reduzindo a dependência de fontes de água não renováveis e minimizando o desperdício de água potável. (Palhares, 2018).

Com relação ao meio ambiente, é possível citar o ODS 15 – Vida Terrestre: Em ecossistemas terrestres, a chuva de Kelvin pode ser vital para a manutenção da biodiversidade e da saúde dos ecossistemas. Ela fornece água para plantas, animais e microrganismos, apoiando a produção primária e a cadeia alimentar. Em regiões propensas à seca, a chuva de Kelvin pode ser especialmente importante para garantir a sobrevivência das espécies e a estabilidade dos ecossistemas. (Souza; Guardia, 2022).

Essas são algumas das possíveis relações positivas entre a chuva de Kelvin e os ODS. É importante reconhecer que as interconexões entre os diferentes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são complexas e variam de acordo com o contexto geográfico, social e ambiental. Portanto, abordagens integradas e multidisciplinares são essenciais para promover o desenvolvimento sustentável e alcançar os ODS de forma holística.

Portanto, este trabalho pretende não apenas descrever o experimento, mas também destacar sua relevância no contexto mais amplo da ciência e tecnologia, proporcionando uma visão abrangente sobre como conceitos teóricos podem ser demonstrados de forma prática e intuitiva (Assis, 2008).

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Metodologia

Neste capítulo serão abordados os métodos e materiais utilizados para o desenvolvimento do projeto, com base em Assis e Camilo (2008).

Iniciando a montagem dos componentes, para a estrutura de PVC foram utilizados 4 tubos de PVC de 40cm de comprimento e 25mm de diâmetro para a base da estrutura, unidos por 4 joelhos de PVC, formando um quadrado. Para a estrutura, foram colocados 2 tubos de cada lado, na mesma medida da base, na vertical e unidos por um “T”, com outro tubo no meio, essa estrutura é em forma de um “H”, como observado na figura 9 da montagem final.

Antes da montagem desta estrutura, os tubos foram lixados, para remover a superfície lisa e deixar porosa, e pintados com tinta spray.

Depois da estrutura pronta, foi feito os furos:

- Dois na parte superior, para fixação dos reservatórios de água (um em cada lado);
- Um no meio do fundo de cada reservatório, para fixação dos gotejadores;
- Dois no tubo horizontal que forma o H, para passagem dos gotejadores, mantendo distância entre si e distância da parede.

Duas arruelas foram utilizadas como anéis indutores (2,5cm de diâmetro externo e 1cm de diâmetro interno), cada uma foi presa em um fio de arame, para proporcionar altura ajustável, conforme a figura 1.

Figura 1 - anéis indutores



Fonte: Autores.

Dois copos plásticos de 700mL foram utilizados como reservatórios de água. Na base de cada copo, foi fixo um equivo (utilizado em hospital) com cola de silicone, como mostra a figura 2.

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO
SALVADOR ARENA

Figura 2 – Reservatório de água.



Fonte: Autores.

O corpo dos recipientes coletores foi feito em latão e a base de cobre, unidos por solda. Cada recipiente precisa estar suspenso dentro de um tubo de PVC, assim, foi feito 4 “garras” para encaixar os recipientes dentro do tubo. Os tubos foram lixados e pintados previamente. Os recipientes coletores precisam ser bons isolantes elétricos, para evitar que as cargas acumuladas escoem para a terra, por isso os recipientes são introduzidos no tubo, e ficam suspensos dentro do tubo para evitar fuga das cargas acumuladas. Os recipientes coletores se encontram na figura 3.

Figura 3 – Recipientes coletores no interior do tubo.



Fonte: Autores.

VI SIMAC

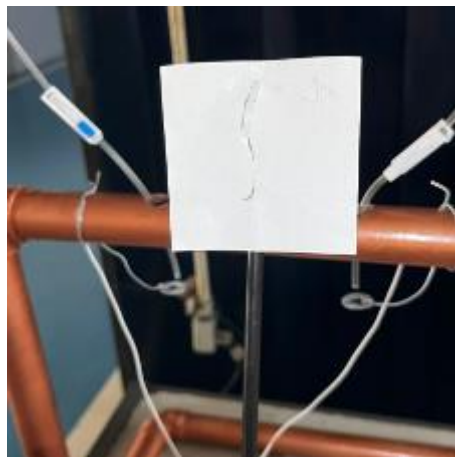
SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Foram utilizados dois fios condutores, que foram revestidos com fio de cobre, para que pudessem ficar amarrados. É possível observar os fios também na figura 3.

Finalizando a montagem dos componentes, foi feito um eletroscópio. O eletroscópio consiste em um pedaço de cartolina 10cm x 10cm, onde na parte superior é colada a extremidade de uma tirinha fina de papel de seda. O suporte para a cartolina é um canudo plástico de refrigerante que se comporta como isolante elétrico, ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Eletroscópio.



Fonte: Autores.

Iniciando a montagem final, os anéis indutores são colocados no tubo central e ajustados abaixo dos furos do tubo. Na parte superior, os reservatórios são fixos no tubo e cheios de água, os gotejadores fornecem gotas constantes e permitem grande controle sobre a quantidade de gotas liberadas em função do tempo.

A gota deve se desprender a uma distância da ordem de 1cm acima do indutor e, com isto, consegue-se que a parte inferior do recipiente de água acima do indutor fique carregada com uma carga oposta ao do indutor. Ao caírem, as gotas possuem uma carga resultante de sinal oposto à carga do indutor colocado abaixo delas, ou seja, estão eletrizadas.

Dentro de cada recipiente coletor foi colocado um fio metálico (de cobre), que ficam a uma distância de 2mm um do outro, e um outro fio dentro de cada coletor, este deve ser ligado de forma cruzada aos indutores. Isto é, o fio que sai do coletor da direita é ligado ao indutor da esquerda, já que os dois possuem carga de mesmo sinal, já o fio que sai do coletor da esquerda é ligado ao indutor da direita. Assim, as cargas elétricas armazenadas nos coletores servirão também para carregar o outro anel indutor do gotejador oposto e, assim, as cargas geradas em um lado servem para induzir as cargas do outro lado. O projeto final se encontra na figura 5.

Iniciamos o procedimento carregando inicialmente apenas um dos indutores, enquanto o outro indutor automaticamente adquiria carga de polaridade oposta ao primeiro ao longo da experiência. A carga

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

inicial foi gerada através do atrito de uma régua no cabelo e transferida para o eletroscópio ao friccionarmos a régua carregada na superfície de uma cartolina, conectada ao eletroscópio.

Por fim, seguramos o eletroscópio carregado pelo seu suporte e o aproximamos da cartolina que estava em contato com uma arruela indutora. Repetimos esse procedimento diversas vezes, mantendo o eletroscópio em contato com a mesma arruela, até que o eletroscópio carregado deixasse de se descarregar, indicando que tanto ele quanto a arruela haviam alcançado o mesmo potencial elétrico.

Esse processo também serviu para verificar se os indutores e coletores estavam retendo a carga elétrica, um aspecto fundamental para o sucesso da experiência. É importante ressaltar que, quando o eletroscópio carregado entra em contato com um indutor carregado até o mesmo potencial, ele não retorna à sua posição original. Somente após carregarmos o indutor é que abrimos o gotejador para permitir a queda das gotas.

Figura 5 – Gerador eletrostático chuva elétrica de Kelvin.



Fonte: Autores.

Resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados os resultados esperados e as fontes de erro.

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

É esperado que a alta tensão entre os dois reservatórios que coletam as gotas seja capaz de produzir faíscas elétricas entre as pontas dos fios ligados aos recipientes coletores, que estão próximos de si. É possível observar melhor onde a faísca surgiria na figura 6.

Figura 6: Local de surgimento da faísca.



Fonte: Autores.

Alguns detalhes, fontes de erro, devem ser observados para o funcionamento do gerador:

- A umidade do ar pode ser um problema para o bom funcionamento do gerador. Quanto maior a umidade, maior é a perda de cargas para o ar, por isso, pode ser interessante o uso de secador de cabelo ao redor do gerador;
- Verificar se os indutores não estão perdendo carga elétrica, por meio do eletroscópio;
- Os fios elétricos, mesmo encapados, comportam-se como condutores para as altas voltagens da experiência, portanto, o contato deve ser evitado. Uma vez colocados, não se deve tocá-los com as mãos ou outros condutores alterados;
- Após aberto o gotejador, é necessário que forme gotas, não um filete contínuo, pois este descarrega a carga acumulada no recipiente coletor. O ideal são gotas rápidas e bem definidas.

Para que exista a formação de faísca, a ponta dos fios devem estar afastadas cerca de 2mm.

Considerações finais

Ao compreender a rigidez dielétrica do ar, com um campo elétrico da ordem de 3×10^6 V/m, e a distância de formação das faíscas (2 mm), podemos estimar a diferença de potencial U gerada pelo nosso gerador eletrostático gotejante de Kelvin. Assim, temos $U = Ed = 6 \times 10^3$ V.

VI SIMAC

SIMPÓSIO ACADÊMICO

DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Durante a formação da faísca, ocorre uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 6.000 V entre as duas esferas de alumínio. O intervalo entre as faíscas depende da taxa de queda das gotas, mas uma estimativa típica é de uma faísca a cada 10 segundos. Enquanto o gotejamento continuar, as descargas elétricas continuarão a ser produzidas.

É interessante notar a riqueza de detalhes que podemos ilustrar com esta experiência. A chuva elétrica pode ser considerada uma experiência de baixo custo e fácil construção. Podemos abordar diversos aspectos de eletrostática de maneira muito interessante, desde o ensino básico até níveis mais avançados.

Além disso, conceitos como condutores e isolantes adquirem uma nova dimensão, considerando a dependência das tensões elétricas às quais submetemos os materiais.

Referências

ALMEIDA, Michel C. Bernardo de. **Willian Thomson – Lord Kelvin (1824-1907)**. Disponível em: <<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/06/21/willian-thomson-lord-kelvin-1824-1907/#:~:text=William%20Thomson%2C%201%C2%BA%20Bar%C3%A3o%20Kelvin,chanceler%20e%201904%20a%201907>>

ASSIS, Andre Koch Torres. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. 2010. Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/Eletricidade.pdf>>

CAMILLO, J. ASSIS, A.K.T. **Construção de um gerador eletrostático gotejante: chuva elétrica de Kelvin**. Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: <[https://www.ifi.unicamp.br/~assis/A-Fisica-na-Escola-V9-p29-32\(2008\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/A-Fisica-na-Escola-V9-p29-32(2008).pdf)>

Gota de água Kelvin. Eletricidade-Magnetismo. Disponível em: <<https://www.electricity-magnetism.org/pt-br/>>

PALHARES, Julio Cesar Pascale et al. **Consumo e produção responsáveis: contribuições da Embrapa**. 2018. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1090719/2/ODS12Consumoeproducaoresponsaveis.pdf>>

RODRIGUES, Airton et al. **Chuva Elétrica de Kelvin**. 2011. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/chuva-eletrica-de-kelvin/4758653/>>

SHARLIN, Harold. **William Thomson. Baron Kelvin**. 2024. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/William-Thomson-Baron-Kelvin>>

SOUZA, Cristina Luciana. **Energia e sustentabilidade humana: impacto das metas do ODS 7 no Brasil**. Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo. V.6. n.11 p. 58-79. Jan/jun.2020.

SOUZA, Karla Karolina Harada. **A PROTEÇÃO JURÍDICA DAS FLORESTAS NO BRASIL**. Universidade de São Paulo, 2022. Disponível em: <<http://trabalhoscidhcoimbra.com/ojs/index.php/anaiscidhcoimbra/article/view/1415>>