



PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA CONVERSÃO ENERGÉTICA UTILIZANDO O EFEITO TERMOELÉTRICO

Harley Lucas de Souza Batista ¹
João Lucas Oliveira de Andrade ²
José Wagner Cavalcanti Silva ³
Lino Martins de Holanda Júnior ⁴

INTRODUÇÃO

A evolução da ciência ao longo dos anos revolucionou o modo como a humanidade se relaciona com o meio. A disseminação do conhecimento científico, porém, é frequentemente limitada pela ausência de incentivo à pesquisa e de políticas voltadas ao ensino, desde os níveis básicos até os mais avançados.

Dentre as diversas áreas do conhecimento, o desenvolvimento de tecnologias para armazenamento, distribuição e geração de energia, em especial as renováveis, mostra significativo crescimento no estudo de novas alternativas.

O uso de energia renovável está se tornando cada vez mais importante devido ao reconhecimento do impacto ambiental negativo da dependência de combustíveis fósseis. Nesse contexto, o efeito Seebeck tem atraído grande atenção como um fenômeno termoelétrico capaz de converter diferenças de temperatura em energia elétrica.

O efeito Seebeck, também conhecido como efeito termoelétrico, foi descoberto em 1821 pelo físico alemão Thomas Johann Seebeck. Esse fenômeno ocorre em materiais condutores e semicondutores, em que uma diferença de temperatura em junções de diferentes materiais gera uma diferença de potencial elétrico, criando assim uma corrente elétrica. Essa propriedade intrínseca permite que alguns materiais convertam calor em eletricidade, tornando-os promissores para uso em dispositivos termoelétricos.

¹ Graduando do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (RN), harley.batista@alunos.ufersa.edu.br;

² Graduando do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (RN), joao.andrade30247@alunos.ufersa.edu.br;

³ Professor co-orientador: doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (RN), josewagner@ufersa.edu.br;

⁴ Professor orientador: doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (RN), lino.holanda@ufersa.edu.br.

Usar o efeito Seebeck tem várias vantagens, sendo uma delas a capacidade de utilizar fontes de calor residual, que são subprodutos de muitos processos industriais e sistemas de geração de energia. Além disso, ao contrário de outras formas de produção de energia, como a queima de combustíveis fósseis, o efeito Seebeck é limpo e não emite poluentes atmosféricos nocivos.

No sistema baseado no efeito Seebeck, como nos módulos Peltier, não há necessidade de partes móveis, resultando em menor desgaste mecânico e ausência de vibrações. Ademais, esses sistemas são conhecidos por sua extrema leveza. Outras vantagens notáveis incluem o controle preciso de temperatura, menor necessidade de manutenção e redução do espaço físico necessário em comparação com outros tipos de equipamentos de geração energética.

Apesar do grande potencial do efeito Seebeck, ainda existem alguns desafios a serem considerados. As eficiências relativamente baixas dos materiais termoelétricos atualmente disponíveis limitam seu uso em escala comercial. Além disso, a maioria dos materiais termoelétricos convencionais são caros e suas propriedades limitam seu uso em certas faixas de temperatura.

A compreensão e domínio da conversão termoelétrica são essenciais não apenas para avanços na geração de energia, mas também para a educação científica e tecnológica. Proporcionar aos estudantes uma sequência lógica de ensino que explore o Efeito Seebeck pode ser uma abordagem poderosa para desenvolver seu entendimento sobre princípios de física, eletricidade e termodinâmica, ao mesmo tempo em que desperta seu interesse pelas questões energéticas do mundo real.

Neste trabalho, apresentaremos uma abordagem didática que visa guiar educadores e estudantes na jornada de compreender e aplicar o Efeito Seebeck na conversão de energia. Através desta sequência lógica de ensino, exploraremos os conceitos fundamentais, experimentos práticos e aplicações do Efeito Seebeck, oferecendo uma base sólida para a formação de futuros cientistas e/ou engenheiros na área de energia. Dessa forma, direcionaremos nossos esforços para explorar o Efeito Seebeck, utilizando a transposição didática de Chevallard como uma ferramenta que facilita a adaptação do conhecimento científico de modo a torná-lo mais acessível e absorvível.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tomando o efeito Seebeck como base, esse artigo parte de uma pesquisa com experimentos em que buscamos analisar inicialmente o comportamento do efeito em junções

com fios de ferro e cobre (Figura 1). Embora os resultados e eficiências mudem com junções de materiais diferentes, aplicar o princípio através de componentes mais palpáveis ajuda a entender e projetar os comportamentos que possibilitem a aplicação desse tipo de geração energética.

Posteriormente foram introduzidos módulos, conhecidos como pastilhas termoelétricas ou placas Peltier (efeito inverso ao Seebeck que é associado aos efeitos termoelétricos). Estes são dispositivos que utilizam o efeito Seebeck para proporcionar uma corrente elétrica com base na diferença de temperatura aplicada em cada uma de suas extremidades. Tais pastilhas são compostas por materiais semicondutores do tipo P e tipo N, os quais são cuidadosamente dispostos e soldados entre duas placas cerâmicas, proporcionando um desempenho muito superior aos fios (Figura 2).

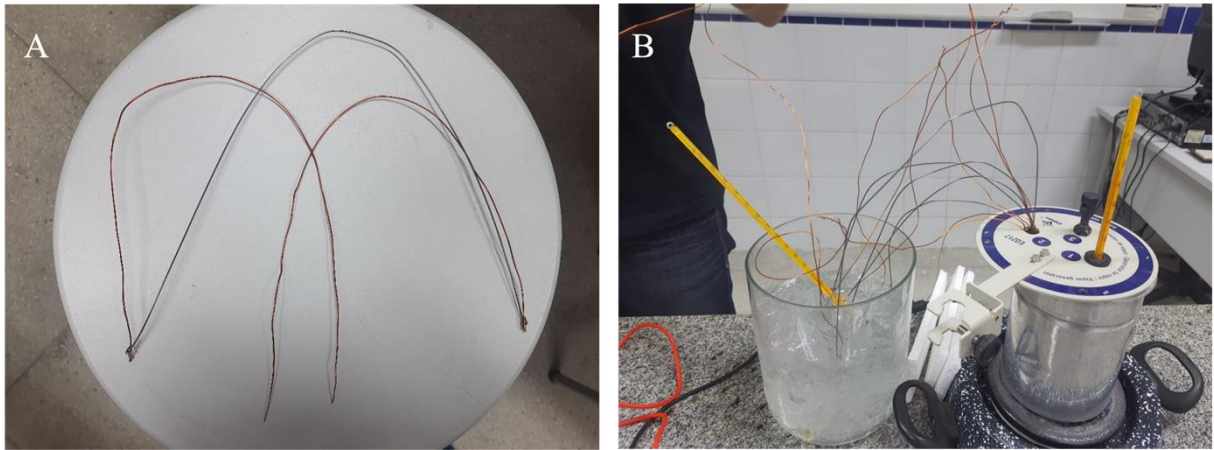


Figura 1: A. Disposição de fios de ferro e cobre; B. Ligações de fios em série

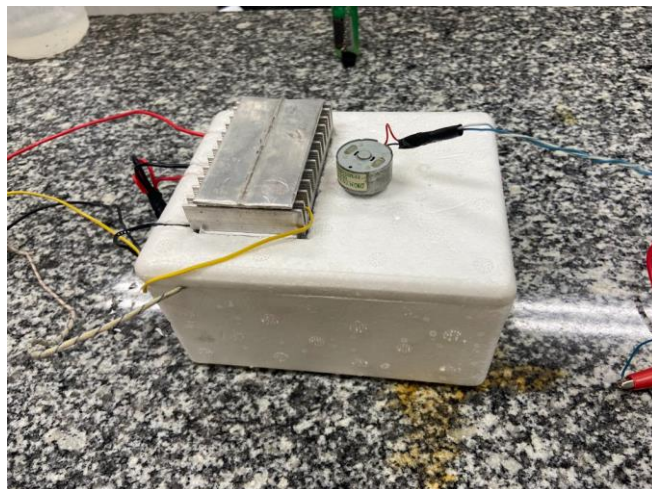


Figura 2: Montagem com pastilhas termoelétricas

Sequência didática

A unidade elementar que é necessária para compreender o aspecto processual de qualquer mediação pedagógica, de acordo com Zabala (1998, p.14), é definida como sequência didática. Essa unidade de análise é estabelecida como uma sequência de atividades, articuladas entre si, com vistas a atingir certos objetivos educacionais. Neste sentido, a sequência de atividades delineadas para abordar o tema da termoeletricidade foi planejada sob a perspectiva da transposição didática de Chevallard (1991).

Sabemos que a transposição didática estabelece um processo pelo qual o conhecimento científico pode ser transformado em conhecimento ensinável, em que o conteúdo de estudo deve ser adequado às realidades dos alunos para que o assunto seja compreensível.

Nesse processo, algumas etapas podem ser desenvolvidas para que o Saber Científico passe a Saber Ensinado e, por fim, seja absorvido pelos estudantes. De forma objetiva, parte-se de uma modelagem da teoria abstrata, passando posteriormente a uma modelagem didática na qual os conhecimentos são ajustados ao nível de compreensão, definindo os recursos facilitadores. O próximo passo é definir quais partes do conhecimento são de fato relevantes para serem transmitidas e, dessa forma, passar ao processo de didatização.

Após definidos os planos de aulas, as estratégias educacionais e avaliativas, parte-se para implementação, passível de adaptação durante o processo. Por fim, cabe ao educador avaliar através dos resultados o que de fato funcionou na metodologia de ensino abordada e melhorar as próximas transposições de ensino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem do tema da termoeletricidade foi planejada para ser trabalhada em uma aula constituída por três momentos. A organização desses momentos em uma sequência didática apoiou-se no instrumento da transposição didática de Chevallard.

Momento 1: Partindo de uma abordagem dialógica e problematizadora, fundamentada na observação do fenômeno, o tema sobre termoeletricidade pode ser introduzido explorando as ideias prévias dos estudantes (seus subsunçores). O arranjo experimental que propiciará a exploração prática do fenômeno consiste em um arranjo de dois fios de materiais condutores diferentes (como os utilizados nos experimentos, de ferro e cobre), além de um recipiente com gelo e outro com água quente. Para que seja possível medir os valores da diferença de potencial (ddp) (e corrente, se assim desejar) é necessário um multímetro. É importante também usar

termômetros para que registrem a variação da temperatura entre os recipientes, mas o não uso não prejudica a demonstração do efeito.

Nesse momento os alunos são instigados a expressarem suas ideias sobre o que entendem por termoeletricidade e encorajados a discutir entre eles e relacionar às suas experiências cotidianas acerca de eletricidade e calor. A partir daí o educador deve identificar conexões entre as ideias prévias e os conceitos teóricos, introduzindo os conceitos-chave relacionados à termoeletricidade para que seja construída uma base que ampare as próximas etapas do entendimento.

Momento 2: Estabelecido os conceitos básicos sobre termoeletricidade, a discussão pode ser direcionada para as fontes renováveis de energia que possibilitem a obtenção da termoeletricidade. Dessa forma, o segundo momento deve ser conectado ao primeiro destacando como pode ser obtida a termoeletricidade e explanando alguns exemplos das fontes de calor renováveis disponíveis.

Nesse ponto, é possível fazer uma correlação com as energias solar, geotérmica e a biomassa, por exemplo, explicando suas obtenções e os princípios dos processos, permitindo que os alunos reflitam sobre quais as possibilidades e os desafios associados às gerações energéticas. É fundamental também que nessa etapa sejam mencionadas as questões de eficiência, disponibilidade e impactos que podem ser causados decorrentes das abordagens tomadas.

Momento 3: Com a base teórica estabelecida, os alunos terão a oportunidade de aplicar o que aprenderam nos momentos anteriores e vislumbrar na prática o fenômeno através da experimentação. O experimento a ser realizado deu origem ao presente artigo baseado na investigação do efeito Seebeck. Para realizar os procedimentos desenvolvidos em laboratório deve-se adotar os materiais indicados no momento um, fios condutores de dois materiais diferentes, dois recipientes (um com gelo e outro com água que possibilite ser aquecido), termômetros, multímetro e pequeno fogão ou aquecedor para o segundo recipiente.

Com os materiais disponíveis, o primeiro passo é organizar as junções dos fios escolhidos. Os fios devem ter duas ligações de maneira que um dos materiais condutores fique no centro e nas pontas o outro fio escolhido, assim como indicado na Figura 1A.

A partir dessa disposição dos fios, coloca-se uma das junções no recipiente frio (com gelo) e a outra junção no recipiente quente (água aquecida). Os termômetros são mantidos dentro de cada recipiente de maneira que possam averiguar a temperatura das junções.

Os fios externos ficam com as pontas que estão soltas para fora dos recipientes. É nelas que o multímetro deve ser conectado para medir a ddp gerada pelo arranjo.

A ddp gerada por um conjunto pode ser muito pequena, como é o caso da ligação ferro-cobre. Assim, se for do interesse do educador uma leitura com qualidade, é necessário um multímetro de alta precisão. Mas tendo como princípio a demonstração do efeito Seebeck, existe a possibilidade de fazer várias ligações em série do esquema da Figura 1A e obter valores mais altos de ddp.

Os experimentos realizados mostraram um aumento linear da diferença de potencial obtida em função do número de ligações. No esquema da Figura 1B fizemos seis ligações em série, de forma que o valor alcançado para a ddp em função do gradiente de temperatura também é linear.

É importante ressaltar que o sentido da corrente é definido pela disposição das junções fria e quente. Então, ao fazer ligações em série deve se atentar para que as ligações não estejam invertidas uma em relação às outras. Com a montagem preparada, variamos a temperatura quente para perceber a relação entre o gradiente de temperatura e a ddp.

Outra possibilidade da realização do experimento é com a substituição dos fios por pastilhas termoelétricas (módulos Peltier) nas quais os materiais apresentam um melhor coeficiente Seebeck e, portanto, melhor desempenho na geração de tensão. A montagem deve ser adaptada para que as faces dos módulos recebam a temperatura fria e quente. A Figura 2 mostra uma montagem onde a parte fria fica em contato com a parte interna de uma pequena caixa térmica enquanto a parte externa deve ser aquecida. No esquema também é possível perceber a existência de dissipadores que foram colocados para melhorar ainda mais o desempenho.

O educador pode instigar também que os estudantes desenvolvam protótipos com o objetivo de ter melhores resultados e propor a reflexão de como os problemas e desafios desse tipo de tecnologia pode ser contornado e aplicado em grande escala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A termoeletricidade é uma das alternativas da sociedade moderna para geração de energia e seu uso precisa ser estudado e ensinado como parte fundamental do processo de disseminação do método. Por isso, deve ser encorajado o desenvolvimento de sistemas educativos, como a sequência didática baseada no efeito Seebeck, aqui apresentada.

Porém, é importante reconhecer que esta sequência ainda não foi testada e representa apenas um ponto de partida e convite para reflexão e um possível aprofundamento do tema.

É contundente que a sequência seja executada e avaliada para determinar a sua eficácia na compreensão da termoeletricidade e as suas aplicações por parte dos alunos. Alinhado a isso, estimular neles o interesse pela busca de novas possibilidades de geração energética, principalmente as ainda subexploradas.

Palavras-chave: Efeito Seebeck, Efeito termoelétrico, Energia renovável.

REFERÊNCIAS

GOLDSMID, H. Julian et al. Introduction to Thermoelectricity, Vol.121, 1 ed, **Springer**, Berlin (2010).

FERNANDES, Jaine Daniele FS et al. Refrigeração utilizando pastilhas de efeito peltier. **HOLOS**, v. 2, p. 25-31, 2010.

BEEBY, S.P. et al. 11 - Kinetic, thermoelectric and solar energy harvesting technologies for smart textiles, in {Multidisciplinary Know-How for Smart-Textiles Developers, ed. Tünde Kirstein, **Woodhead Publishing**, 2013, pp. 306-328, Woodhead Publishing Series in Textiles.

ZABALA, Antoni. A prática educativa. [Insert Publisher Location]: Grupo A, 1998. E-book. ISBN 9788584290185. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584290185/>. Acesso em: 17 Sep 2023.

CHEVALLARD, Y. La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné. (Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991).

FONSECA, D. Santos et al. Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 64-108, abr. 2017. 5.