

ESCOLA ESTADUAL FREI EGÍDIO PARISI

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA SUSTENTÁVEL PARA
TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO EFEITO SEEBECK**

Uberlândia, MG

2025



Alice Gonçalves Coutinho de Faria

Ester Emanuelle Silva

Thyago Fernandes Vieira

Oscar Hailuo Liu Zhang

Maísa Gonçalves da Silva

DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA SUSTENTÁVEL PARA TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO EFEITO SEEBECK

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Profa. Maísa e coorientação de
Oscar.



Uberlândia, MG

2025

RESUMO

Nos últimos anos, referente a crescente preocupação com a crise climática, houveram mudanças na postura mundial, nas quais acordos e metas foram criados buscando a mitigação do aquecimento global. Portanto ao analisar os ODS, os estudantes do ensino médio da EE Frei Egídio Parisi, em parceria com a UFU no GEPIT, desenvolveram um projeto que visa a criação de uma Máquina Térmica que possibilite a transformação de energia térmica em eletricidade, na qual os processos e resultados devem ser sustentáveis e renováveis. A metodologia de pesquisa, iniciou-se com uma revisão de literatura relacionada a fontes energéticas renováveis, em que encontrou-se o efeito Seebeck, que por definição converte a diferença de temperatura entre dois pólos de circuito em energia elétrica. Com o instrumento de pesquisa em mãos, os alunos produziram dois protótipos que utilizam o efeito para a transformação de energia. Foram realizados diversos testes medidos no multímetro na unidade microamperes, resultados significativos foram anotados. Visando melhorar a eficiência do circuito, outras três máquinas foram produzidas em bancada de laboratório, com a variação de materiais e a mudança da unidade de medida para volts, os protótipos tiveram melhor desempenho comparados aos da geração anterior. Os resultados demonstraram a geração de tensões entre 0,64V e 1,0V em condições padrão, alcançando 6,0V mediante concentração de radiação solar. O estudo comprova teoricamente o potencial de aplicação em contextos mecânicos, através da recuperação de energia térmica residual, e domésticos, representando uma alternativa sustentável para microgeração distribuída. Pode-se concluir que é possível converter energia térmica em elétrica de forma sustentável, renovável e alternativa às placas solares. Espera-se obter resultados ao expor os possíveis produtos ao calor solar e verificar a viabilidade de aplicação da máquina em refrigeradores e ambientes domésticos.

- **Palavras-chave:** Efeito Seebeck, Placa Peltier, Aplicações Sustentáveis, Conversão Térmica.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	6
3 OBJETIVO GERAL	8
4 METODOLOGIA	8
5 RESULTADOS OBTIDOS	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	9
REFERÊNCIAS	10



1 INTRODUÇÃO

No cenário global contemporâneo, a necessidade de promover fontes de energia limpas, acessíveis e sustentáveis torna-se cada vez mais necessárias. As Nações Unidas (ONU) estabeleceram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com a meta de assegurar um futuro ético e viável para as próximas gerações. Dentre eles, o ODS 7 — “Energia limpa e acessível” — destaca-se pela importância na diversificação das matrizes energéticas e mitigação de vulnerabilidades associadas a fontes hídrica ou fóssil. No Brasil, embora a matriz elétrica seja historicamente baseada em fontes renováveis, como a hidroeletricidade, secas prolongadas e eventos climáticos extremos evidenciam a necessidade de alternativas complementares. Nesse contexto, projeta-se uma investigação experimental que busca contribuir à ODS 7 por meio da conversão direta de energia térmica em elétrica utilizando o Efeito Seebeck (conversão termoelétrica).

A termoeletricidade, fundamentada no Efeito Seebeck — segundo o qual um gradiente de temperatura entre duas junções de materiais diferentes gera uma força eletromotriz — representa um caminho tecnológico promissor para a geração energética sem partes móveis, silenciosa e potencialmente aplicável em escalas descentralizadas. Estudos recentes ressaltam que os módulos termoelétricos (TEG, do inglês ThermoElectric Generator) têm aplicação em recuperação de calor residual, em sistemas automotivos, aeroespaciais ou domésticos. Por exemplo, Zoui et al. (2020) revisaram o estado da arte dos TEGs e destacaram que, embora sua eficiência ainda seja relativamente baixa, apresentam potencial para usos específicos de energia limpa. (MDPI) Além disso, a pesquisa de Uchida et al. (2016) no contexto do Efeito Spin Seebeck amplia o horizonte tecnológico da termoeletricidade ao introduzir correntes de spin em materiais magnéticos. (Tohoku University) Assim, a literatura salienta que a conversão térmica-elétrica, ainda que incipiente, constitui uma alternativa viável frente ao desafio das mudanças climáticas e da segurança energética. (DergiPark)

A presente investigação parte de um estudo preliminar realizado por estudantes que construíram um protótipo de máquina térmica com base no efeito Seebeck, identificando limitações à captação direta da energia solar e à eficiência de conversão. Com base nesses resultados iniciais, o atual projeto visa otimizar o protótipo,



examinando como variáveis como o gradiente térmico (ΔT), a condução de calor através de materiais com diferentes condutividades térmicas e a altitude (que impacta a temperatura máxima alcançável) influenciam a geração de tensão elétrica. Em particular, a metodologia experimental envolve uma pastilha termoelétrica (Peltier/Seebeck) posicionada entre placas de alumínio, sendo submetida a aquecimento por fonte térmica (água aquecida, micro-ondas) no lado quente e resfriamento com gelo/água no lado frio — assim criando o diferencial de temperatura necessário para acionar o efeito. O registro rigoroso em diário de bordo digital das medições de temperatura, tensão elétrica, condições ambientais e outros aspectos do experimento garante rastreabilidade e confiabilidade dos dados.

Ao contextualizar tais esforços no âmbito dos ODS, este trabalho se insere no movimento global que busca não apenas gerar conhecimento, mas também oferecer soluções técnicas potenciais para a diversificação das matrizes energéticas — especialmente em contextos de geração descentralizada ou ambientes remotos. Embora os dispositivos termoelétricos comerciais ainda apresentem baixo rendimento, a aplicação em escala doméstica ou industrial leve, aproveitando calor residual e fontes térmicas abundantes, pode contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa (relacionado ao ODS 13, “Ação contra a mudança global do clima”). Tal alinhamento entre objetivo científico, impacto social e sustentabilidade torna o tema atual, relevante e com ampla aplicabilidade.

Em resumo, esta introdução estabelece a fundamentação teórica e contextual que justifica o estudo: o Efeito Seebeck como mecanismo de conversão térmica-elétrica, a relevância dos ODS 7 e 13 no panorama energético mundial e brasileiro, e a necessidade de inovação no aproveitamento de gradientes térmicos como fonte de energia limpa. A seguir, o relatório descreverá a metodologia adotada, os resultados obtidos, sua discussão e as conclusões sobre a viabilidade técnica, os desafios e o potencial futuro da tecnologia termoelétrica experimental.

2 JUSTIFICATIVA

A crescente demanda global por energia, associada à urgência de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, impõe à sociedade o desafio de buscar alternativas sustentáveis e



eficientes às fontes convencionais. No contexto atual, o uso predominante de combustíveis fósseis e a dependência de recursos hídricos para geração de eletricidade revelam limitações ambientais e estruturais que comprometem a segurança energética a longo prazo. Nesse cenário, torna-se essencial desenvolver tecnologias que promovam a diversificação das matrizes energéticas, reduzam impactos ambientais e garantam acesso universal à energia limpa, conforme preconizado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 7 (Energia limpa e acessível) estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A pesquisa proposta justifica-se pela relevância científica e tecnológica da conversão direta de energia térmica em elétrica por meio do Efeito Seebeck, fenômeno que permite transformar diferenças de temperatura em energia elétrica sem necessidade de partes móveis, combustão ou emissão de poluentes. Essa característica torna a termoeletricidade uma alternativa estratégica para o aproveitamento de calor residual — frequentemente desperdiçado em processos industriais, motores e sistemas domésticos — contribuindo para o aumento da eficiência energética e a redução de perdas. Segundo Goldsmid (2010), os materiais termoelétricos apresentam potencial significativo para aplicações sustentáveis, especialmente em cenários onde há abundância de fontes térmicas de baixo custo.

Além disso, a Agência Internacional de Energia (IEA, 2023) destaca que o desenvolvimento de tecnologias de geração distribuída, como os geradores termoelétricos, é fundamental para alcançar a transição energética global. A capacidade desses dispositivos de operar em pequena escala e em ambientes remotos reforça sua aplicabilidade social e ambiental, viabilizando o acesso à energia em comunidades isoladas e reduzindo a dependência de grandes sistemas centralizados de produção elétrica. Assim, a pesquisa contribui para o avanço da ciência aplicada à sustentabilidade energética, abrindo caminhos para soluções inovadoras no campo da engenharia, da física e das ciências ambientais.

O projeto também se alinha ao ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), uma vez que a adoção de fontes de energia limpas e descentralizadas representa uma estratégia direta de mitigação das emissões de carbono. Ao estudar experimentalmente a geração termoelétrica, o trabalho amplia o conhecimento sobre materiais condutores, transferência de calor e eficiência energética — áreas



fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e científico. Dessa forma, a investigação não apenas reforça a importância da pesquisa acadêmica voltada à inovação sustentável, como também oferece subsídios para futuras aplicações práticas em setores industriais e domésticos.

Portanto, a justificativa para a realização deste projeto está pautada na necessidade de contribuir para o avanço científico e tecnológico da geração de energia limpa, fortalecendo o papel da ciência na construção de um futuro sustentável e acessível para todas as camadas da sociedade.

3 OBJETIVOS

Investigar a conversão de energia térmica em energia elétrica por meio do Efeito Seebeck, desenvolvendo e analisando experimentalmente um protótipo de gerador termoelétrico capaz de transformar diferenças de temperatura em tensão elétrica, com foco na produção de energia limpa, acessível e sustentável, em conformidade com os princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 7 (ODS 7) proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU).

4 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

A metodologia adotada seguiu uma abordagem experimental prática, baseada no método de pesquisa-ação, com todas as etapas sendo meticulosamente registradas em diário de bordo. O projeto iniciou com a construção de um protótipo básico utilizando materiais de baixo custo: duas latas de alumínio interconectadas por uma pastilha Peltier, onde uma lata recebia água aquecida em micro-ondas (fonte quente) e a outra, uma mistura de gelo e água (fonte fria). As variáveis monitoradas incluíam temperatura (medida com termômetro infravermelho) e tensão elétrica (medida com multímetro).

A partir da análise crítica dos resultados iniciais, o projeto evoluiu para uma configuração otimizada com a introdução de um dissipador de calor no lado frio e um recipiente de alumínio no lado quente, visando melhor controle térmico. Adicionalmente, explorou-se fontes de calor alternativas através de experimentos com luz solar direta e com concentração de raios solares utilizando uma lupa. Todo o



processo foi documentado com fotografias e registros detalhados das condições experimentais, incluindo temperatura ambiente e altitude local.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Os experimentos realizados demonstraram uma progressão significativa na eficiência do sistema. Na configuração inicial com latas de alumínio, a tensão máxima obtida foi de 0,64 V com ΔT de aproximadamente 59°C (lado quente a 71°C e lado frio a 12°C). A otimização com dissipador de calor permitiu atingir 1,0 V com ΔT de 72°C (lado quente a 80°C e lado frio a 8°C), comprovando que a eficiência da conversão termoelétrica é diretamente influenciada pela qualidade da dissipação térmica.

O experimento com concentração de luz solar através de lupa representou o marco mais expressivo do projeto, gerando 6,0 V - a maior tensão registrada. Este resultado valida o princípio físico de que maiores gradientes térmicos produzem maiores tensões, ainda que em condições controladas. Identificou-se que sistemas vedados mantinham a tensão estável por até 2 minutos, enquanto a adição de água à mistura de gelo no lado frio melhorava significativamente a dissipação térmica.

Os contratempos, como a medição inicial errônea de 12V e a interferência da tinta das latas nas leituras de temperatura, foram documentados e superados, enriquecendo o processo de aprendizado e demonstrando a importância da repetição metodológica na pesquisa experimental.

6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o projeto atingiu plenamente seus objetivos, demonstrando a viabilidade da conversão de energia térmica em elétrica através do Efeito Seebeck. A evolução do protótipo - desde as configurações iniciais com latas até o sistema otimizado com dissipador de calor e experimentos com luz solar - permitiu comprovar que o controle eficiente do gradiente térmico é determinante para a eficiência do sistema. O pico de 6,0 V obtido com a concentração de luz solar através de lupa abre perspectivas promissoras para aplicações em energia solar termoelétrica.

Os resultados validam a hipótese inicial e indicam potencial de aplicação em diversos contextos, incluindo processos mecânicos - como o aproveitamento de calor



residual de motores e sistemas de exaustão - e uso doméstico, possibilitando a alimentação de dispositivos de baixa potência a partir de fontes térmicas usualmente desperdiçadas. O caráter iterativo do desenvolvimento, com registro e superação dos obstáculos, reforçou o entendimento do método científico como processo contínuo de aprimoramento. Para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de arranjos com múltiplas pastilhas em série e paralelo, além do teste de diferentes materiais de interface para otimização da transferência térmica.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática**. Adaptado por Mehmet Kanoglu; tradução: Fátima A. M. Lino; revisão técnica: Kamal A. R. Ismail. 4. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

KAKIMOTO, Luis C. **Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura**. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas. SP, 2013.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Ministério de Minas e Energia**. Brasília, 2024. Disponível em: [Agência Nacional de Energia Elétrica \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/aneel). Acesso em 03/06/2024.

ANDO JUNIOR, Oswaldo Hideo. **Protótipo de um microgerador termoeletrico para captação de energias residuais baseado no Efeito Seebeck com sistema de transferência de calor intercambiável**. 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/103721>. Acesso em 10/05/2024.

NASCIMENTO, Raphael Santos do; ALVES, Geziele Mucio. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais. **XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência**—Universidade do Vale do Paraíba, Centro Universitário Uningá, Toledo, Paraná, Brasil. 2016. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf. Acesso em 10/05/2024.

ONU Brasil (2018). **Articulando os Programas de Governo com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: orientações para organizações políticas e a cidadania**. Sistema ONU no Brasil, 2018. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-10/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Articulando%20os%20ODS_REQ_ID_6998.pdf. Acesso em 08/05/2024.

Título do projeto

