



INSTITUTO FEDERAL, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
***CAMPUS* PARNAÍBA**
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

LUCAS DE SOUSA FROTA

**ENSINO DE TERMOELETRICIDADE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O
GERADOR TERMOELÉTRICO A PARTIR DO EFEITO SEEBECK**

PARNAÍBA
2022

LUCAS DE SOUSA FROTA

ENSINO DE TERMOELETRICIDADE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O
GERADOR TERMOELÉTRICO A PARTIR DO EFEITO SEEBECK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí *Campus Parnaíba*.

Orientador: Prof. Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio

Coorientador: Prof. Me. Rodrigo do Santos Almeida

PARNAÍBA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Frota, Lucas de Sousa

F941e Ensino de termoeletricidade : uma sequência didática sobre o gerador termoeletrico a partir do efeito Seebeck / Lucas de Sousa Frota. - 2022.
47 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2022.

Orientador : Prof. Me. Lucas Izídio de Sousa Sampaio.

Coorientador : Prof. Me. Rodrigo dos Santos Almeida .

1. Física . 2. Termoeletricidade. 3. Sequência didática . 4. Efeito Seebeck.
I. Título.

CDD - 530

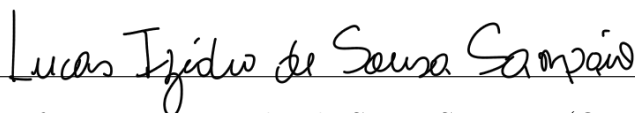
Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

**ENSINO DE TERMOELETRICIDADE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O
GERADOR TERMOELÉTRICO A PARTIR DO EFEITO SEEBECK**

LUCAS DE SOUSA FROTA

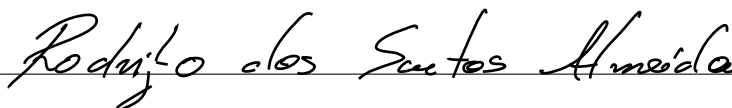
Aprovado em 08/02/2022

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Licenciatura em Física do
IFPI/*Campus* Parnaíba, aprovado pela Banca Examinadora:



Prof. Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio (Orientador) - Presidente

IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



Prof. Me. Rodrigo do Santos Almeida (coorientador) - Examinador interno

IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



Prof. Dr. Alexandre das Chagas de Sousa Nascimento - Examinador interno

IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



Prof. Me. Luciano Cabral Rios - Examinador externo

Secretaria de Estado da Educação do Piauí (SEDUC PI)

Parnaíba PI

2022

Dedico este trabalho à minha mãe e todos aqueles que de alguma forma contribuíram com meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por ter me dado forças para enfrentar essa jornada.

A minha mãe que é a pessoa mais importante da minha vida, que sempre me apoiou e torceu pelo meu sucesso.

Ao professor Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio pela orientação, pelo incentivo, apoio e confiança que depositou em mim, muito obrigado!

Também quero agradecer aos meus colegas de curso: José Orlando, Francisco Ferreira, Paulos Eudes, Raul Santos, Felipe dos Santos, Luciano Teófilo, Maria Cardoso, Laís Damasceno, Fernando (Kenay), José de Fátima, João Paiva, Antoniel Costa, Clarice Souza, Mário Lúcio, obrigado a todos!

Finalizando quero agradecer a toda equipe de profissionais do IFPI que contribuíram na minha formação, em especial aos Professores: Rodrigo Almeida, Diego Prudêncio, Itamar Viera, Jeová Calisto, Marcos Matos, Bruno Sombra, Deymes Aguiar, Alexandro Nascimento, Bruno Cole, Rubens Oliveira, Janete Ribeiro, Durciane Oliveira, Maria de Fatima, Vilma Dias, e vários outros, muito obrigado a todos!

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

(Cora Coralina)

RESUMO

A termoeletricidade é a área da Física que estuda fenômenos sobre a transformação direta de energia térmica em energia elétrica ou vice e versa, o efeito Seebeck consiste na movimentação de elétrons devido à junção de dois metais diferentes quando expostos a um gradiente de temperatura. A proposta deste trabalho se baseia no desenvolvimento de uma sequência didática, fundamentado na teoria de David Ausubel, com uso de atividades diversificadas em que inicialmente terá a exposição formal dos conteúdos e por último a apresentação de um aparato experimental para o estudo de conversão de energia térmica em elétrica a partir do efeito Seebeck, de modo a possibilitar o entendimento do assunto em busca de uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, o trabalho visa responder a seguinte pergunta: como implementar o ensino da termoeletricidade e estudar experimentalmente o efeito Peltier-Seebeck no ensino médio ou técnico, de modo a promover uma aprendizagem significativa? A ideia é apresentar a introdução dos conceitos de termoeletricidade para alunos do ensino médio, contribuindo nos estudos e enriquecendo o currículo com um fenômeno científico e tecnológico, desconhecido por grande parte dos professores.

Palavras-chave: Efeito Seebeck. Geradores Elétricos. Sequência Didática. Módulo termoeletrico.

ABSTRACT

Thermoelectricity is the area of Physics that studies phenomena on the direct transformation of thermal energy into electrical energy or vice versa. The Seebeck effect consists of the movement of electrons due to the junction of two different metals when exposed to a temperature gradient. The proposal of this work is based on the development of a didactic sequence, based on the theory of David Ausubel, with the use of diversified activities in which initially there will be a formal exposition of the contents and finally the presentation of an experimental apparatus for the study of energy conversion. Thermal in electric from the Seebeck effect, in order to make possible the understanding of the subject in search of significant learning. In this sense, the work aims to answer the following question: how to implement the teaching of thermoelectricity and experimentally study the Peltier-Seebeck effect in high school or technical education, in order to promote meaningful learning? The idea is to introduce the concepts of thermoelectricity to high school students, contributing to their studies, enriching the curriculum with a scientific and technological phenomenon, unknown to most teachers.

Keywords: Seebeck effect. Electric Generators. Didactic Sequence. thermoelectric module.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1	Diagrama do efeito Seebeck.	17
2	Movimentação dos elétrons da região aquecida para a região fria.	18
3	Diagrama do efeito Peltier.	19
4	Termopares associados em série.	20
5	Termopares associados em paralelo.	21
6	Secção transversal de um módulo termoelétrico.	22
7	Acendimento de LED.	32
8	Representação esquemática do aparato experimental.	34
9	Materiais para o experimento.	35
10	Radiador.	38
11	Caldeira.	38
12	Recipiente.	38
13	Posicionamento das Pastilhas.	38
14	Tubos e partilhas presos pelos grampos tipo C.	38
15	Experimento montado.	39
16	Gráfico tensão x variação de temperatura.	41
17	Gráfico tensão x variação de temperatura após estabilização.	42

LISTAS DE TABELAS

1	Medidas de temperatura e tensão obtidas nos testes experimentais.	40
2	tensão x variação de temperatura	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

FEM: Força Eletromotriz

IFPI: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí.

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

SD: Sequência Didática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	TERMOELETRICIDADE	16
2.1.1	Efeito Seebeck	16
2.1.2	Efeito Peltier.....	18
2.1.3	Associação de termopares.....	19
2.2	MÓDULO TERMOELÉTRICO	21
2.3	AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	23
2.3.1	Aprendizagem significativa no ensino de Física.....	24
2.4	TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	26
2.5	SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA	27
3	PRODUTO EDUCACIONAL	29
3.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	29
3.2	APARATO EXPERIMENTAL.....	33
3.2.1	Objetivos	34
3.2.2	Materiais necessários.....	34
3.2.3	Montagem	38
3.2.4	Procedimentos.....	40
3.2.5	Análise de dados	40
3.2.6	Questionamentos.....	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	APÊNDICE A	47

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios atuais do professor é a aprendizagem dos alunos de maneira significativa. Em Física, em detrimento das dúvidas diárias dos alunos, muitas vezes se torna necessário a utilização de metodologias e materiais didáticos diversificados e que fogem do tradicional pincel, quadro e livro didático. Os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs do Ensino Médio apontam que o Ensino de Física que vem sendo praticado no ensino médio é abstrato e desvinculado da realidade dos alunos:

O ensino de Física tem se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas (BRASIL, 2002, p.22).

Diante disso, uma das formas de tentar atrair a atenção dos alunos para a Física, são as demonstrações práticas com experimentos que mostram princípios físicos que podem ser vistos no cotidiano do aluno. Nesse sentido, os professores devem explicar a Física com ênfase maior nos fenômenos do cotidiano, para poder assim despertar o interesse do aluno, facilitar o aprendizado e fazer ligação direta com sua realidade. Nesse pensamento, “é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade” (BRASIL, 2002, p.23).

O estudo da termoeletricidade não é muito comum na educação básica, e dentre seus conteúdos, o efeito Seebeck é pouco comentado até mesmo desconhecido por grande parte dos professores, no entanto, da forma que é normalmente dividido os conteúdos, esse assunto pode ser abordado no segundo e terceiro ano do ensino médio na área de termodinâmica e eletromagnetismo. Nesse sentido, o trabalho visa responder a seguinte pergunta: como implementar o ensino da termoeletricidade e estudar experimentalmente o efeito Peltier-Seebeck no ensino médio ou técnico, de modo a promover uma aprendizagem significativa?

A partir dessa problemática, visando complementar o atual ensino de Física, e utilizando as competências ditas na Base Nacional Comum Curricular - BNCC para o Ensino Médio, em específico nas áreas abrangidas pela física, propõe-se uma sequência didática (SD) juntamente com uma atividade experimental com tema de termoeletricidade no intuito de promover o interesse, bem como uma aprendizagem significativa. Incrementando, dessa forma, o currículo com o estudo de um fenômeno científico, desconhecido pela maioria dos professores, que é utilizado para produção de energia elétrica oriunda da energia térmica, denominado efeito Seebeck.

O trabalho tem como intuito principal desenvolver uma sequência didática juntamente com um aparato experimental para o estudo de conversão de energia térmica em elétrica a partir do efeito Seebeck, propondo uma aprendizagem significativa. A ideia é apresentar a introdução dos conceitos de termoeletricidade para alunos do ensino médio, contribuindo nos estudos do conteúdo de transformação de energia e geradores elétricos.

Sob essa perspectiva, o trabalho se justifica na importância de incluir o estudo da termoeletricidade e o efeito Seebeck no assunto de geradores elétricos para semear o conhecimento, criando situações que ampliem a aprendizagem de forma a propor soluções que futuramente beneficiem a humanidade na busca de formas mais eficazes de produção de energia elétrica proveniente da energia térmica, além das já existentes.

Metodologicamente, propõe-se neste trabalho uma sequência didática para terceiro ano do ensino médio, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), e na proposta didática dos três momentos pedagógicos de Delizoicov (1990). A ideia é introduzir fenômenos da termoeletricidade com uso de atividades diversificadas que abordam o tema em que inicialmente terá a exposição formal dos conteúdos e, por último, a apresentação de um aparato experimental que converte calor em eletricidade, possibilitando assim o entendimento do assunto em busca de uma aprendizagem significativa. Através dessa proposta, temos como objetivo principalmente despertar o interesse dos discentes pela Física, proporcionando assim uma aula mais dinâmica e atrativa.

Atualmente, devido ao decreto nº 19.839, de 4 de julho de 2021, que mantém as medidas restritivas para o enfrentamento da Covid-19, as aulas estão suspensas em efeitos da pandemia na educação, então o trabalho se passa na forma de proposta para ser aplicado pelo professor quando retornar as atividades presenciais.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se dividido da seguinte forma:

No capítulo 2 deste trabalho veremos a Fundamentação Teórica sobre os conceitos físicos que envolve o efeito Seebeck e Peltier, associação de termopares e módulos termoelétricos, fecha-se o capítulo com as teorias de aprendizagem e sequência didática no ensino de Física.

No capítulo 3, são apresentados os encaminhamentos metodológicos utilizados na elaboração do Produto Educacional, são mostrados a sequência didática e as atividades realizadas em cada encontro, o aparato experimental com os materiais utilizados e sua montagem, e por fim, uma análise de dados do experimento para apuração dos resultados com gráficos que relacionam a diferença de temperatura e a eletricidade gerada.

As conclusões do trabalho e o que pode esperar e ser feito a partir de estudos futuros são mostradas no capítulo 4.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é dedicado a uma revisão teórica dos principais conceitos necessários para compreender o desenvolvimento do trabalho. Inicia-se com um breve histórico e conceito sobre Termoeletricidade, e logo após, efeitos que o compõe, Efeito Seebeck sendo o principal assunto do desenvolvimento do trabalho e o Efeito Peltier, que é o fenômeno contrário ao Seebeck. A seguir, tem-se a definição de termopares e Módulos Termoelétricos e finaliza-se o capítulo com as teorias de aprendizagem Ausubel e a Aprendizagem Significativa, Três Momentos Pedagógicos e Sequência Didática no Ensino de Física.

2.1 TERMOELETRICIDADE

A termoeletricidade é a área da Física que estuda fenômenos sobre a transformação direta de energia térmica em energia elétrica ou vice e versa. Os efeitos mais conhecidos são o efeito Seebeck, o efeito Peltier e o efeito Thomson.

“Efeitos Termoelétricos são inevitavelmente associados com o fluxo de calor e eletricidade. Estes fluxos e seus potenciais associados são caracterizados por constituírem-se em processos não reversíveis. Em contraste, efeitos termoelétricos tais como: Efeito Seebeck, Efeito Peltier e Efeito Thomson podem ser termodinamicamente reversíveis. Estes efeitos pertencem a uma interessante classe de fenômenos físicos reversíveis que surgem em conjunção com dois ou mais processos irreversíveis” (ALVES, 2007, p.47).

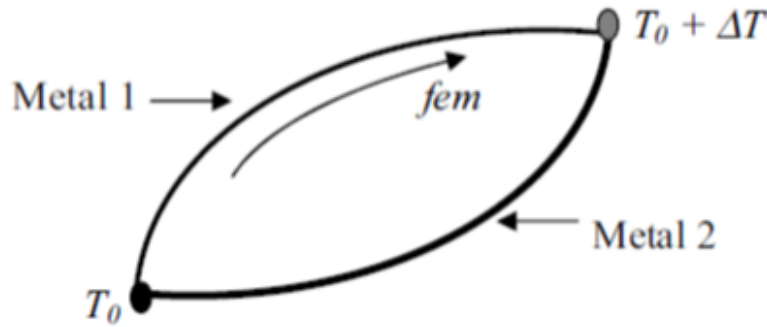
A termoeletricidade originou-se com o físico italiano Alessandro Volta (1800), que concluiu que a eletricidade causadora dos espasmos nas pernas de sapos eram correspondentes a um contato de dois metais distintos. Entretanto, no século XIX, Thomas Johann Seebeck evidenciou os primeiros fenômenos relacionados com a termoeletricidade no qual constatou que a ligação de dois elementos condutores ligados aos terminais de um galvanômetro e sujeito a uma variação de temperatura provoca o surgimento de uma diferença de potencial indicada no galvanômetro (FERNANDES, 2012).

2.1.1 Efeito Seebeck

O efeito Seebeck foi descoberto por Thomas Seebeck em 1821, onde relatou diversas experiências que tinha realizado e que relacionavam a temperatura com as propriedades elétricas dos condutores. O efeito Seebeck descreve um fenômeno que relaciona a conversão

de calor em eletricidade, podendo ser observado quando um gradiente de temperatura é submetido nas junções de dois fios condutores de materiais distintos.

Figura 1. Diagrama do efeito Seebeck.



Fonte: (ALVES, 2007)

Na figura 1, podemos observar que uma diferença de temperatura ΔT entre as junções de dois materiais diferentes provocam o aparecimento de uma força eletromotriz (fem) ε que é chamada de força eletromotriz de Seebeck. Destaca-se “para pequenas diferenças de temperaturas ΔT entre as junções, a fem é aproximadamente proporcional à diferença de temperatura e depende da natureza dos materiais que compõem o circuito” (ALVES, 2007, p.47). Diante do exposto, a força eletromotriz de Seebeck pode ser representada matematicamente pela equação 1:

$$\varepsilon = S_{1,2}\Delta T \quad (1)$$

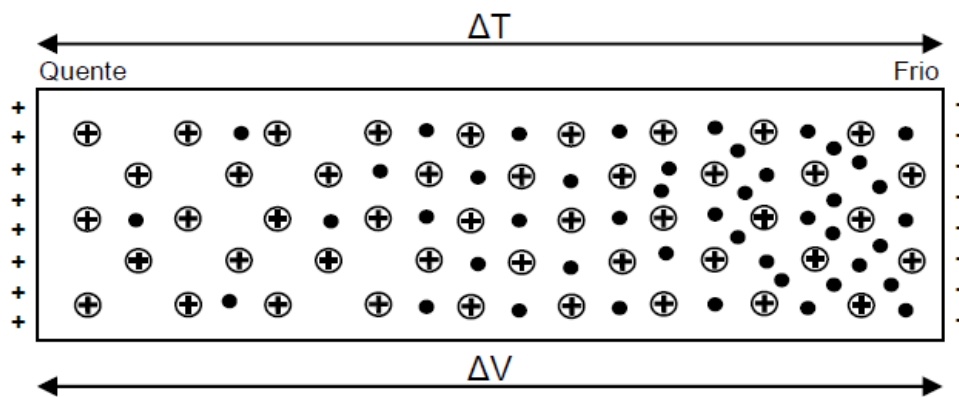
Onde $S_{1,2}$ é o coeficiente Seebeck do par termoelétrico correspondente da propriedade dos metais 1 e 2. Para obter o valor do coeficiente $S_{1,2}$ em função das outras variáveis, a equação 1 pode ser reescrita como:

$$S_{1,2} = \frac{\varepsilon}{\Delta T} \quad (2)$$

Na equação 2, o coeficiente Seebeck para temperaturas baixas se comporta de forma quase linear e pode manifestar valores positivos ou negativos, dependendo da orientação do movimento dos elétrons. São considerados positivos quando os elétrons se movimentam da junção fria para a junção quente, e considerados negativos quando os elétrons se transferem da junção quente para a fria (FERNANDES, 2012).

A energia térmica recebida pela junção quente é transmitida aos elétrons, aumentando, assim, sua agitação tornando-se elétrons livres, que se deslocam para áreas mais frias do condutor onde os níveis de energia são menores, desta maneira, origina-se um terminal positivo e outro negativo. Essa diferença de potencial continuará até que se atinja o equilíbrio do gradiente térmico entre as duas junções, quanto maior for a diferença de temperatura maior será a sua *fem* (GONÇALVES, 2008). Este processo está representado na figura 2.

Figura 2. Movimentação dos elétrons da região aquecida para a região fria.



Fonte: (GONÇALVES, 2008)

Em torno de 13 anos após a descoberta do efeito Seebeck, o Francês Jean C. A. Peltier verificou o efeito contrário ao de Seebeck quando utilizou os mesmos aparatos, mas inverteu o procedimento.

2.1.2 Efeito Peltier

O efeito Peltier foi descoberto por Jean Charles Athanase Peltier em 1834, onde observou que, quando a junção de dois metais diferentes é percorrida por uma corrente elétrica ocorre o aparecimento de uma diferença de temperatura, onde de um lado da junção observa-se a liberação de calor e do outro lado observa-se absorção de calor, sendo este processo termodinamicamente reversível ¹.

A energia térmica liberada ou absorvida é proporcional à corrente elétrica e depende das propriedades dos metais 1 e 2 (ALVES, 2007). Dessa forma a quantidade de calor pode ser expressa matematicamente pela equação 3:

¹Em um processo termodinamicamente reversível podemos voltar do estado final para o inicial fazendo o caminho inverso.

$$Q_{1,2} = \pi_{1,2}I \quad (3)$$

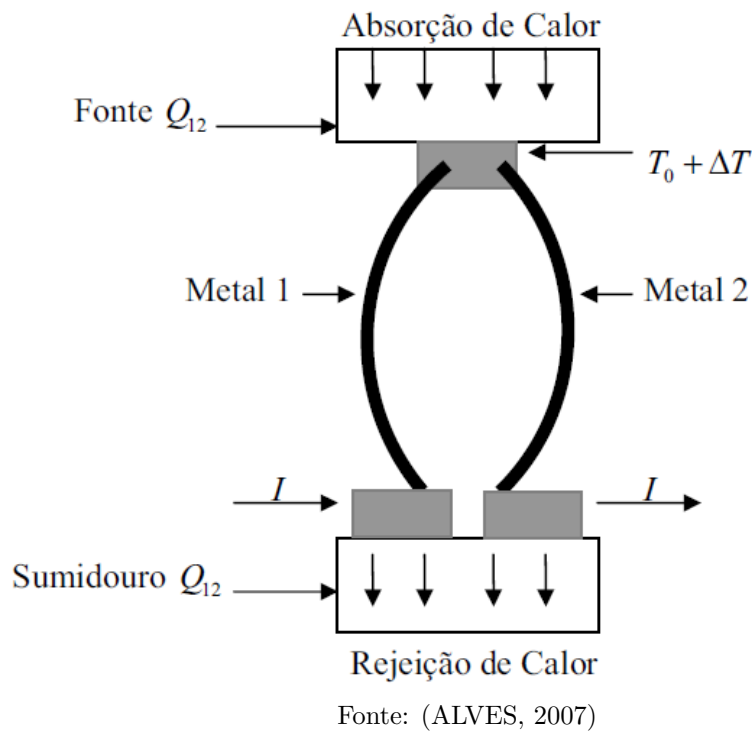
Onde, $Q_{1,2}$ é a quantidade de calor trocado na junção, $\pi_{1,2}$ é o coeficiente Peltier relativos dos metais 1 e 2, e I é a corrente elétrica no circuito.

O coeficiente Peltier $\pi_{1,2}$ pode ser relacionado com o coeficiente Seebeck $S_{1,2}$, sendo representado pela equação 4, onde T representa a temperatura da junção.

$$\pi_{1,2} = S_{1,2}T \quad (4)$$

Na figura 3, podemos observar como ocorre o efeito Peltier através de um diagrama esquemático.

Figura 3. Diagrama do efeito Peltier.



2.1.3 Associação de termopares

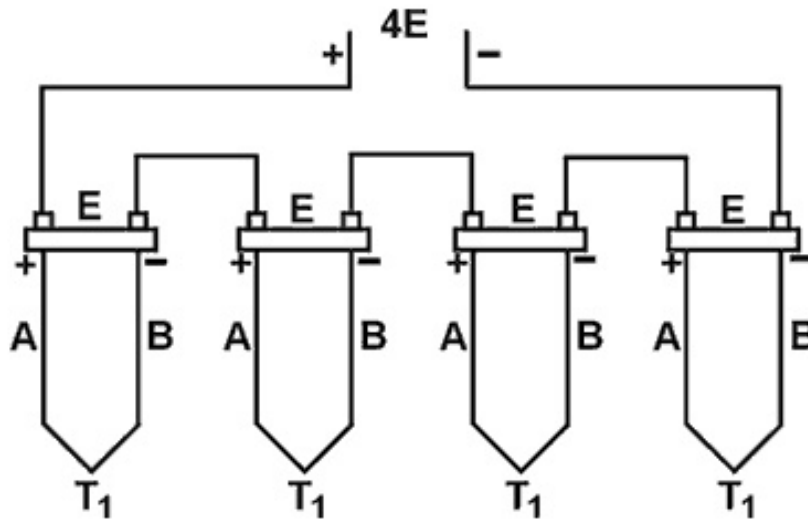
Com objetivo de obter configurações específicas dois ou mais termopares ¹ podem ser associados das seguintes formas:

¹Um termopar é constituído de dois metais distintos unidos em uma das suas extremidades.

- Associação em série de termopares

A associação em série de termopares é utilizado quando se pretende amplificar o sinal elétrico gerado pelo termopar e quando se pretende medir pequenas diferenças de temperaturas, pois aumenta a sensibilidade de medição. Dessa forma, dois ou mais termopares podem ser associados em série para se obter a soma das tensões individuais de cada termopar (FIALHO, 2002).

Figura 4. Termopares associados em série.



fonte: <http://www.termopares.com.br/wp-content/uploads/2020/02/figura1-3.gif>. Acessado em 2021

Nesse tipo de associação podem ser usados quantos termopares que se deseje, de modo a obter um determinado valor de tensão como resultado. O sinal de um termopar é a Força eletromotriz de Seebeck, a *fem* para esse tipo de associação é dada pela seguinte expressão:

$$\varepsilon_{eq} = \sum_1^n \varepsilon_n \quad (5)$$

Onde n representa o número de termopares. Para o caso de 4 termopares, temos:

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 \quad (6)$$

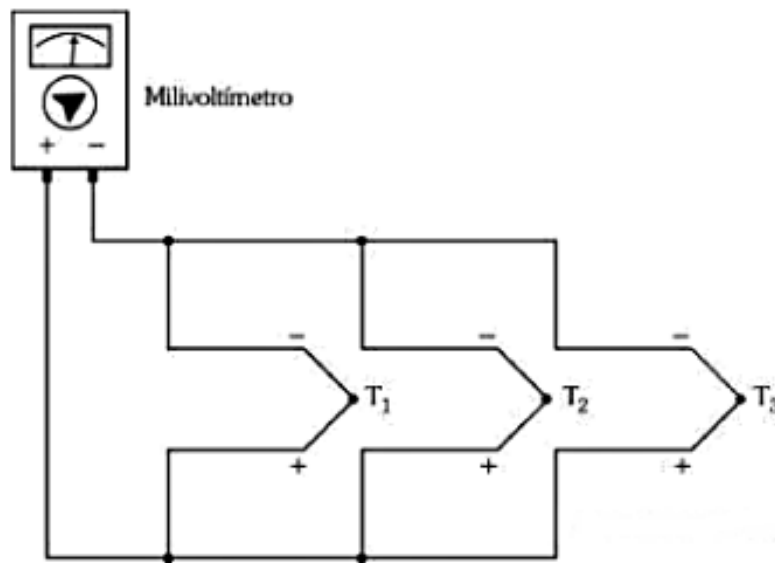
Para a mesma temperatura T_1 aplicada nas junções de ambos os termopares, a associação em série com 4 termopares iguais será "4 ε ":

$$\varepsilon_{eq} = 4\varepsilon \quad (7)$$

- Associação em paralelo de termopares

Este tipo de associação é comumente utilizado nos processos industriais para medir a temperatura média de equipamentos ao qual a temperatura pontual não é expressiva, podemos ligar certo número de termopares em paralelo para obter uma média aritmética dos pontos de aplicação. No caso das resistências internas forem iguais, a tensão elétrica registrada corresponde a média das tensões geradas por cada termopar (FIALHO, 2002).

Figura 5. Termopares associados em paralelo.



Fonte: (FIALHO, 2002)

Sendo assim, a *fem* para esse tipo de associação é expresso matematicamente pela seguinte equação:

$$\varepsilon_{eq} = \frac{1}{n} \sum_{1}^n \varepsilon_n \quad (8)$$

Para três termopares, temos:

$$\varepsilon_{eq} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} \quad (9)$$

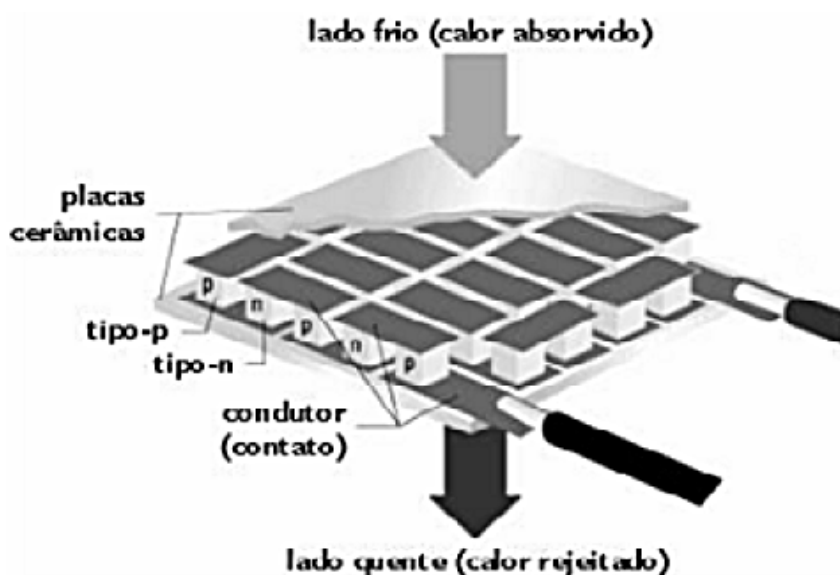
2.2 MÓDULO TERMOELÉTRICO

Como vimos anteriormente, quando aplica-se uma diferença de temperatura nas junções de dois fios de materiais distintos, uma tensão é gerada. Embora as aplicações dos

módulos termoeletricos esteja principalmente direcionados à área de refrigeração, pode-se utilizar os módulos para se obter o efeito contrário gerando energia elétrica.

Os módulos termoeletricos ou partilhas termoeletricas, na prática, é um numero muito grande de termopares conectados eletricamente em série. A associação em série irá ampliar o sinal elétrico gerado pelo termopar, visto que a intensidade da tensão de um único termopar é muito pequena, logo, necessita-se de uma montagem em série. Assim, a voltagem gerada por cada termopar se soma e produz voltagens de saída úteis para utilização (LISBOA; FERRAZ, 2015).

Figura 6. Secção transversal de um módulo termoeletrico.



Fonte: (ALVES, 2007)

Um módulo termoeletrico comum é constituído por duas placas de cerâmica que formam a estrutura do módulo, entre as placas encontra-se um grande número de termopares conectados eletricamente em série e termicamente em paralelo entre as duas placas, que possuem alta condutividade térmica e baixa condutividade elétrica, tornando-se assim ideal para utilização em um sistema de conversão termoeletrico, tanto para aplicações de refrigeração quanto para geração de energia elétrica.

Os materiais termoeletricos são capazes de converter diretamente gradiente de temperatura em eletricidade através do efeito Seebeck, um material ideal é aquele que apresenta coeficiente Seebeck elevado, condutividade elétrica alta e baixa condutividade térmica. Isso se deve ao fato de que uma alta condutividade elétrica reduz o efeito Joule, um coeficiente de Seebeck alto maximiza a conversão de calor em eletricidade e uma baixa condutividade térmica ajuda a manter o calor em uma única junção ao manter o gradiente

de temperatura entre as junções (FERNANDES, 2012).

Os termopares típicos utilizados nos módulos termoelétricos são pequenos blocos de material semicondutor compostos de uma liga de telureto de bismuto (Bi_2Te_3) do tipo-n e tipo-p a sua união irá compreender a um termopar. Sendo o material considerado tipo-n dopado de Selênio (Se) de modo que favoreça a recepção de elétrons, e o do tipo-p com Antimônio (Sb) propiciando a doação de elétrons. Um módulo termoelétrico pode apresentar centenas de junções dos materiais do tipo-p e tipo-n (ALVES, 2007).

2.3 AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria de Ausubel tem como enfoque a aprendizagem significativa, que se baseia em “subsunçores”, que são os conhecimentos prévios do aluno onde são essenciais para aquisição de novos conhecimentos. Sucintamente, a aprendizagem significativa “é o processo por meio dos quais novas informações adquirem significado por interação (não associação), com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2006).

Ausubel propôs que, para ocorrer a aprendizagem significativa, o material a ser aprendido deve incorporar ou relacionar à estrutura cognitiva do aluno, chama-se o mesmo de material potencialmente significativo:

A aprendizagem por recepção significativa envolve a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige um mecanismo de aprendizagem significativa e a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz. Por sua vez, a última condição pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma não arbitrária e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante e (2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material (AUSUBEL, 2003, p.1).

A teoria de Ausubel explica como ocorre o processo de aprendizagem em sala de aula de maneira significativa, mas para que ocorra uma aprendizagem significativa não basta somente ter um material potencialmente significativo, segundo Ausubel, uma aprendizagem eficaz depende do conhecimento prévio do aluno, do material que se pretende ensinar ser potencialmente significativo para o aluno e do indivíduo manifestar uma intenção de relacionar os novos conceitos com aquilo que ele conhece (MOREIRA, 2006).

Por outro lado, quando a aprendizagem de novos conteúdos apresenta pouca ou nenhuma interação aos conceitos relevantes e específicos da estrutura cognitiva do indivíduo, ocorre uma aprendizagem mecânica de pouco rendimento, pois as novas informações são armazenadas de maneira arbitrária e literal, e logo será esquecida pelo aluno, ou seja, não há aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Diante do exposto, “a aprendizagem significativa ocorre se a tarefa de aprendizagem puder relacionar de forma não arbitrária e não literal àquilo que o aprendiz já sabe e se este adotar um mecanismo de aprendizagem correspondente para o fazer” (AUSUBEL, 2003, p.52).

Para favorecer a compreensão, Moreira (2006) aponta as atribuições do docente para o processo da aprendizagem significativa:

- Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;
- Identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado;
- Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe;
- Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Sendo assim, o professor deve propor uma estratégia para facilitar a aprendizagem significativa, organizando previamente o material potencialmente significativo que forneça subsunçores relevantes, e superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deverá aprender.

2.3.1 Aprendizagem significativa no ensino de Física

Segundo a informação de Pereira e Abib (2016) ainda mantém-se na sociedade atual de que a Física é uma disciplina “difícil de ser aprendida”. Os autores ressaltam que o processo de ensino aprendizagem em Física é bastante complexo, “considerando-se os conhecimentos e os interesses dos estudantes, os distintos contextos e os objetivos do ensino de ciências para a formação do cidadão”. Contudo, cada vez mais surge novas iniciativas e propostas para a melhoria do ensino de Física, relacionado a aprendizagem

dos alunos, em relatos de “experiências didáticas inovadoras e em pesquisas acadêmicas”, dentre as diversas propostas inclui-se a aprendizagem significativa.

De acordo com o pensamento de Werlang, Schneider e Silveira (2008), “a verdadeira função do ensino para o cidadão, está em trabalhar a capacidade da participação do indivíduo e aumentar a eficácia em compreender os assuntos que são abordados em sala de aula”. Diante disso, para um melhor aprendizado, necessita de metodologias diversificadas e uso de instrumentos que possam ajudar professores e alunos neste desafio de ensinar. Algumas dificuldades apresentadas na formação escolar, principalmente ao se iniciarem os estudos de Física, a desmotivação com a disciplina e uma futura evasão escolar estão sujeitas a ocorrer. De acordo com Santos (2008) “Um fator que atrapalha o bom desenvolvimento do conteúdo proporcionado é a forma abstrata com que a matéria é repassada nas escolas, ocasionando assim a dificuldade do aprendizado e tornando o conteúdo complexo e de pouco interesse pelos estudantes”.

O fundamento que orienta a proposta desse trabalho é a teoria de Ausubel sobre a aprendizagem significativa, considerando que a ideia dos subsunçores agregam aplicabilidade e favoreça o ensino dos fenômenos físicos. Os subsunçores são conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno capaz de servir de ancoragem para construção de novos conhecimentos, de forma que adquira, assim, um significado ao estudante “a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva”(OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Para aprender significativamente, o estudante deve reformular suas concepções a partir de novas ideias adquiridas. No ensino de Física, o professor deve identificar os subsunçores para introduzir as novas concepções relacionados ao conteúdo, desse modo, irá conduzir o aluno a reformular sua visão de maneira mais correta para os meios científicos. Ausubel (2003) Propõe a integração de um material potencialmente significativo que é desenvolvido a partir de três fases de aquisição, que são organizadores prévios que buscam investigar os subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Alguns saberes prévios que pode ser associado ao assunto estudado como por exemplo: eletricidade, energia, corrente elétrica. A seguir é necessário expor um material potencialmente significativo que desperte o interesse do aluno de modo que inclua os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva. Finalizando, mediante a ligação desses conhecimentos, o estudante reestruturará novas concepções teóricas e estará preparado a novos conhecimentos, por exemplo: campo

elétrico e força elétrica.

Destaca-se a escolha da aprendizagem significativa como fundamento da proposta desse trabalho, em virtude de tratar-se de uma perspectiva que pode ser aplicada, e tendo como efeito, benefícios ao ensino da Física. Pode-se notar a diversidade de trabalho referentes ao ensino da Física, e apesar das aplicações feitas em públicos diferentes, que compreendem currículos diferentes e séries distintas, é perceptível a suficiência de aplicações físicas a partir da aprendizagem significativa. Ao estipular que o profissional da educação tem conhecimento de variados meios e processos de ensino-aprendizagem, cabe ao docente se utilizar dos meios mais convenientes de acordo com a necessidade de seus alunos a partir de uma análise dos mesmos.

É muito grande a abrangência de métodos e instrumentos que possam ser utilizadas pelo professor, tais como, tecnologias educacionais; mapas conceituais; jogos didáticos; práticas experimentais; entre outras. Na formação docente as matrizes curriculares visam a implementação de disciplinas para capacitar o licenciando nas práticas docente. A educação está em constante desenvolvimento e os professores precisam aperfeiçoar suas práticas pedagógicas com intuito de obter uma aprendizagem satisfatória.

2.4 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A didática denominada Três Momentos Pedagógicos foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990), dentre os diversos conceitos que compõe a proposta, destaca-se a ligação entre o senso comum e conhecimento sistematizado, onde se caracteriza em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Esses momentos são respectivamente descrito segundo DELIZOICOV D.; ANGOTTI (1990):

Problematização inicial: aqui serão apresentadas questões e situações para que seja elaborada uma discussão entre os alunos. Além de criar uma motivação que introduza um conteúdo específico, sua função é ligar esse conteúdo com situações reais as quais os alunos estejam familiarizados onde eles provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes para interpretar total ou corretamente (DELIZOICOV D.; ANGOTTI, 1990).

Organização do conhecimento: O conteúdo é preparado de forma instrucional para que assim o aluno aprenda de forma a perceber a existência de outras visões e explicações para situações e fenômenos problematizados, e de outro lado, que o mesmo possa comparar esse conhecimento com o seu. Sendo assim, será possível usá-lo para melhor interpretar

aqueles fenômenos e outras situações (DELIZOICOV D.; ANGOTTI, 1990).

Aplicação do conhecimento: O intuito é, sobretudo, abordar de forma sistemática o conhecimento que é incorporado pelo aluno de modo que seja possível analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que sejam elucidados pelo mesmo conhecimento. Dessa forma, é esperado que o aluno perceba de forma dinâmica e evolutivamente que o conhecimento, desde que aprendido, é acessível a qualquer cidadão que dele possa se utilizar. Assim é possível evitar a dicotomização excessiva entre o processo e produto, Física de “quadro-negro” e Física da “vida”, “cientista e não cientista” (DELIZOICOV D.; ANGOTTI, 1990).

Com isso, através desta metodologia, o aprendiz possui a oportunidade de estruturar seus conceitos a partir das experiências vividas em seu cotidiano, podemos dizer que cabe ao professor no decorrer desses momentos pedagógicos a função de organizar de forma estruturada o conhecimento, fornecendo conteúdos de maneira sistemática que lhe permita assimilar o fenômeno de uma maneira mais simplificada, de modo que as dificuldades apresentadas pelos estudantes sejam trabalhadas e que sejam capazes de relacionar as ações envolvidas em cada etapa, tornando sólido os conceitos relevantes para o entendimento do conteúdo por completo.

Diante do exposto, esses momentos serve de elementos norteadores para elaboração de uma sequência didática, visando uma ação pedagógica mais apropriada e eficiente tanto para elaboração quando para a aplicação.

2.5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA

A sequência didática (SD) é uma estratégia de ensino que consiste em um conjunto de atividades diversificadas ligadas entre si, seguindo uma lógica sequencial organizadas conforme os objetivos de ensino que se pretende alcançar, envolvendo procedimentos de aprendizagem e avaliação. Dessa maneira, propõem-se dar mais sentido ao processo de ensino e ao mesmo tempo aumentar o engajamento dos alunos nas atividades pedagógicas e, conseqüentemente, seu aprendizado.

Para Zabala (1998), sequência didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos” (ZABALA, 1998,

p.18).

Para Moreira, SD é “um instrumento que utiliza uma sucessão de aulas que se convergem para um tema central e se articula em vários módulos de conhecimento. A SD se torna mais eficiente quando se vincula os conhecimentos científicos à aprendizagem e ao contexto social dos alunos” (MOREIRA, 2015, p.23). Dessa maneira, para uma aprendizagem mais eficaz, a SD deve conter atividades que associe os saberes científicos com o cotidiano dos alunos.

Ao iniciar a sequência didática, é necessário efetuar um levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos e, a partir desses, planejar uma variedade de aulas com desafios e/ou problemas diferenciados, jogos, análise e reflexão. Aos poucos, faz-se necessário aumentar a complexidade dos desafios e orientações permitindo um aprofundamento do tema proposto (PERETTI; COSTA, 2013, p.6).

A SD também possibilita uma interdisciplinaridade, permitindo explorar o conhecimento de forma globalizada, Peretti (2013) afirma que:

A sequência didática também permite a interdisciplinaridade, ao tratar de um tema na disciplina elencada poderá recorrer a especificidades de outras permitindo explorar o conhecimento globalmente, diminuindo a fragmentação. Durante o planejamento é possível determinar as possibilidades de trabalho interdisciplinar durante o tempo desejado (PERETTI; COSTA, 2013, p.7).

Atualmente a aprendizagem dos alunos de maneira significativa tem se tornado um desafio, muitas vezes se faz necessário a utilização de materiais didáticos que diversificam o ensino e fogem do tradicional. Dessa forma, a sequência didática vem como um método de ensino em Física que possibilita a construção do conhecimento de modo a possibilitar a experimentação, generalização, abstração, trabalhando com elementos norteadores, visando ação pedagógica mais apropriada e eficiente.

3 PRODUTO EDUCACIONAL

A proposta do trabalho traz consigo a ideia de incluir o efeito Seebeck nos assuntos de transformação de energia e geradores elétricos, terceiro ano do ensino médio, uma vez que o referido tema não se incorpora como conteúdo programático. Diante disso, partimos da estruturação de uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), e na proposta didática dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1990), com uso de atividades diversificadas que abordam o tema.

A sequência didática será dividida em três aulas em que inicialmente terá duas aulas teóricas, onde haverá a exposição formal dos conteúdos explicando os tipos de energias renováveis que conhecemos, conceitos dos tipos de transformações de energias, funcionamento básico e suas finalidades com grande enfoque na termoeletricidade e efeito Seebeck, que será nosso foco neste trabalho. Por último, teremos a apresentação da termoeletricidade através de um aparato experimental que converte calor em eletricidade de modo a possibilitar o entendimento do assunto em busca de uma aprendizagem significativa.

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com o objetivo de disponibilizar um material de apoio didático para abordagem do tema termoeletricidade, essa sequência de atividades apresenta encontros didáticos que podem ser reproduzidos em sala de aula, ou mesmo em laboratórios sofisticados de física. O produto educacional consiste em uma sequência didática com três encontros metodológicos de ensino com seus referidos conteúdos, competências e habilidades a serem atingidos.

• 1º Encontro

No primeiro encontro da sequência didática ocorrerá apresentação na forma de roda de conversa onde será introduzido o tema afim de levantar o conhecimento prévio do aluno (subsunçores), inspirando-se na teoria de Ausubel, e levantando questões ligando o conteúdo com situações reais que os alunos conhecem sobre o tema, coincidindo com o primeiro momento pedagógico (DELIZOICOV D.; ANGOTTI, 1990). Seguindo a evolução do conhecimento, será apresentados as fontes de energia, bem como a geração de energia elétrica relacionando o conteúdo ao cotidiano do aluno.

Conteúdos - Tipos e fontes de energia e a geração de energia elétrica.

Metodologia da aula - nessa aula será elaborado uma roda de conversa para apresentar o tema e diagnosticar o conhecimento prévio do aluno, onde será levantado questionamentos sobre os tipos e fontes de energia, as diferentes formas de produção de energia elétrica e o impacto ambiental. Por fim, será exposto um vídeo explicativo sobre o tema para auxiliar no ensino e, logo após, será proposto a produção de um texto sobre a importância da energia elétrica e o impacto para a manutenção da vida no planeta com objetivo de diagnosticar dificuldades e noções equivocadas sobre o conteúdo. Depois de realizado esse diagnóstico inicial, prosseguiremos para a próxima etapa do trabalho.

Desenvolvimento:

Aula 1 – Introdução e levantamento do conhecimento prévio - 60 min

Atividade 1 – Roda de conversa para apresentar o tema e diagnosticar o conhecimento prévio do aluno. (15 min)

Atividade 2 – Introdução sobre os tipos e fontes de energia e a geração de energia elétrica. (10 min)

Atividade 3 – Vídeo para auxiliar no ensino sobre as diferentes formas de produção de energia elétrica e o impacto ambiental. Link do video: <<https://youtu.be/pxubcbNweac>> (15 min)

Atividade 4 – Produzir um texto sobre a importância da energia elétrica e o impacto para a manutenção da vida no planeta. (20 min)

• 2º Encontro

O segundo encontro tem como objetivo sistematizar as questões iniciais, na busca de enriquecer as concepções espontâneas dos estudantes, mostrando a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados de modo a comparar esse conhecimento, elucidando noções equivocadas, embasando-se no segundo momento pedagógico. Sendo assim, será realizada uma aula expositiva sobre tecnologias e soluções para as demandas de produção de energia com enfoque na termoeletricidade onde será feita uma exposição teórica sobre o efeito Seebeck e Peltier e o processo para transformação de energia térmica em energia elétrica. Será apresentado também a pastilha Peltier, suas funcionalidades e aplicações. As atividades propostas servirão para que os alunos comecem

a desenvolver uma compreensão conceitual a respeito do tema abordado e também para possibilitar a incorporação dos conceitos científicos.

Conteúdos - Termoeletricidade, os efeitos Seebeck e Peltier, transformação de energia térmica em energia elétrica.

Metodologia da aula - Aula expositiva do referido conteúdo.

Desenvolvimento:

Aula 2 – Termoeletricidade e o efeito Seebeck - 60 min

Atividade 1 – Apresentar tecnologias e soluções para as demandas de produção de energia. (15 min)

Atividade 2 – Apresentar a termoeletricidade, despertando a curiosidade do aluno sobre o tema, relacionando o conhecimento ao cotidiano. (10 min)

Atividade 3 – Apresentar o efeito Seebeck e o processo para geração de eletricidade. (15 min)

Atividade 4 – Vídeo para auxiliar no ensino sobre produção de energia elétrica através do efeito Seebeck de maneira sustentável. Link do video:<<https://youtu.be/ePJDUXm2taA>> (5 min)

Atividade 5 – Apresentar a pastilha Peltier e suas funcionalidades e aplicações. (15 min)

• 3º Encontro

No terceiro encontro haverá a apresentação do experimento gerador termoeletrico que transforma energia térmica em energia elétrica através do efeito Seebeck, tendo como fundamento o terceiro momento pedagógico proposto por Delizoicov e Angotti (1990), onde teremos a aplicação do conhecimento que foram discutido e abordado nas etapas anteriores, e por fim, será proposto um questionário.

Conteúdo - Termoeletricidade.

Metodologia da aula - O experimento será montado pelo professor antes da aula e logo após apresentado aos alunos, baseando-se em um aparato que gera energia por diferença de temperatura e mostrando uma forma de obtenção de energia elétrica através do efeito Seebeck. Na apresentação será instigado curiosidades através de debates, mostrando possibilidades de aplicação e funcionalidades, propondo uma forma de promover a assimilação

prática dos conteúdos de modo a facilitar a aprendizagem. Finalizando-se a apresentação, será disponibilizado um questionário com perguntas que podem ser respondidas através da manipulação do aparato experimental em busca de uma análise de dados dos resultados de tensão e temperatura para que alunos em grupos, de no máximo 5 pessoas, seguindo instruções e levantando a análise sobre o experimento.

Desenvolvimento:

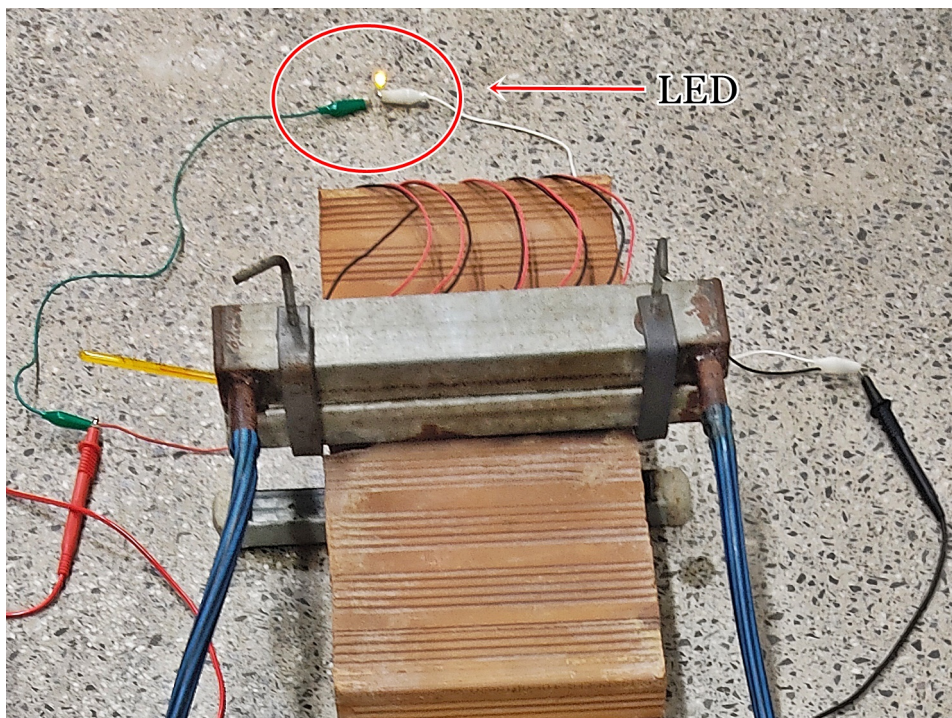
Aula 3 – Apresentação do experimento - 60 min

Atividade 1 – Apresentar o experimento. (20 min)

Atividade 2 – Mostrar possibilidades de aplicações trazendo uma forma lúdica para suas funcionalidades como carregamento de celular e acendimento de LEDs. (15 min)

Atividade 3 – Questionamentos e atividades para cálculo de temperatura e tensão. (25 min)

Figura 7. Acendimento de LED.



Fonte: Autoria própria.

A figura 7 mostra uma aplicação prática de forma lúdica para se utilizar a eletricidade produzida pelo experimento. Tal eletricidade pode ser utilizada em diversos equipamentos como mini ventiladores, carregamento de celulares, entre outros.

3.2 APARATO EXPERIMENTAL

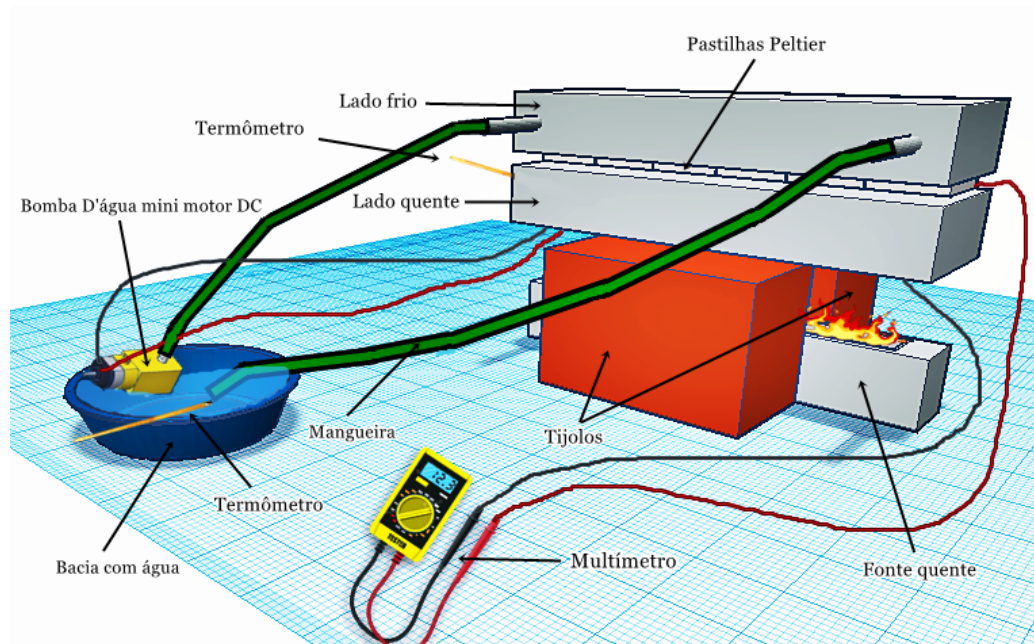
O aparato experimental trata-se de gerador termoelétrico, composto por alguns materiais de fácil acesso. Utilizamos esses materiais com o intuito de aproximarmos o conteúdo ao cotidiano do aluno. Assim, nos próximos tópicos, apresentaremos cada material utilizado no gerador e como se deu sua construção.

Este aparato experimental foi construído com o objetivo de estudar e apresentar aos alunos os assuntos de termoeletricidade e efeito Seebeck. Além disso, propõem-se a análise do funcionamento dos principais componentes que compõe o experimento, para que o alunos possam visualizar na prática algumas relações e fenômenos que envolve este aparato. A proposta de aplicação do gerador termoelétrico é fazer a realização de medidas de variação de temperatura e tensão elétrica bem como a utilização da eletricidade em equipamentos lúdicos.

O experimento será composto de três tubulações retangulares de metalon, a primeira para circulação de água no lado frio, a segunda com água parada para o lado quente e a terceira tubulação servirá de recipiente para queima de combustível, estando acoplado na segunda tubulação de modo que o calor da fonte quente seja transferido para o lado quente. Será instalado aparelhos de medições nas extremidades de cada uma dessa tubulações e entre as tubulações estará seis módulos termoelétrico ligados eletricamente em série, de modo que gerará energia elétrica a partir da diferença de temperatura entre os tubos do lado quente e do lado frio.

A figura 8 apresenta um desenho esquemático do aparato experimental:

Figura 8. Representação esquemática do aparato experimental.



Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Objetivos

- Converter diferença de temperatura em eletricidade.
- Realizar medições de diferença de temperatura e tensão.
- Utilizar a eletricidade produzida em equipamentos lúdicos.
- Construir um pensamento científico que explique o fenômeno observado.

3.2.2 Materiais necessários

Para construção do experimento foram necessários os materiais listados abaixo:

- 01 Tubo metalon retangular 50x30 mm (figura 9.a);
- 01 Tubo de metalon retangular 30x20 mm (figura 9.a);
- 02 Grampos tipo C (figura 9.b);
- 06 Partilhas Peltier (figura 9.c);
- 02 Termômetros (figura 9.d);

- 01 Pasta térmica (figura 9.e);
- 01 mangueira de jardim (figura 9.f);
- 01 Bacia (figura 9.g);
- 01 Mini motor DC (figura 9.h);
- 01 Case bomba d'água para mini motor DC (bombinha d'água caseira ou impressa por impressora 3D) (figura 9.i) Montagem da bomba:<<https://youtu.be/2WnOXVZiglg>>;
- 01 Fonte 5V USB (figura 9.j);
- 01 álcool (figura 9.k);
- 01 Caixa de fósforo (figura 9.k);
- 01 Durepox (figura 9.l);
- 01 LED (figura 9.m);
- 02 Fios com garras "jacaré"(figura 9.n);
- 01 Multímetro digital (figura 9.o);
- 02 tijolos (figura 9.p).

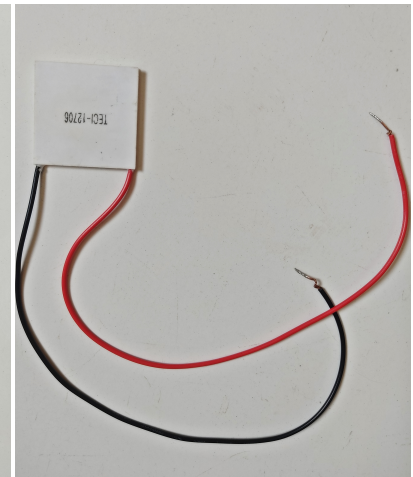
Figura 9. Materiais para o experimento.



(a) Tubos metalon retangular.



(b) Grampos tipo C.



(c) Pastilha Peltier.



(d) Termômetros.



(e) Pasta térmica.



(f) Mangueira de jardim.



(g) Bacia.



(h) Mini motor DC.



(i) Case bomba d'água para mini motor DC.



(j) Fonte 5V USB.



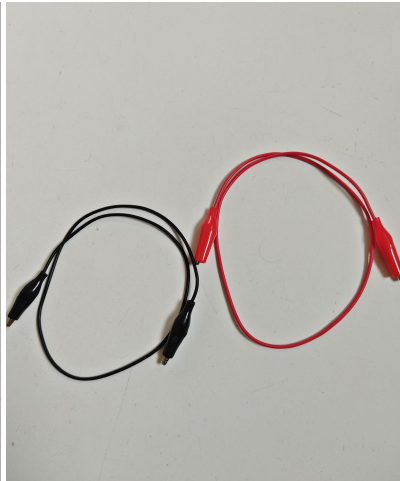
(k) Álcool e fósforo.



(l) Durepox.



(m) LED.



(n) Fios com garras “jacaré”.



(o) Multímetro.



(p) Tijolos.

Fonte: Autoria própria.

3.2.3 Montagem

Inicialmente, precisa-se cortar o tubo de metalon 50x30 mm em dois pedaços de 30 centímetros e moldá-los de maneira que fiquem nos formatos representados nas figura 10 e figura 11 e, logo apos, corte o tudo metalon 30x20 mm em um pedaço de 30 centímetros e modele em um formato de recipiente conforme a figura 12.

Figura 10. Radiador.



Figura 11. Caldeira.



Figura 12. Recipiente.



Fonte: Autoria própria.

Com os tubos metalon moldados, utilize a pasta térmica no tubo radiador e no tubo da caldeira e, em seguida, posicione as pastilhas Peltier lado a lado ligados eletricamente em série, figura 13, e logo após, prenda as pastilhas Peltier entre os tubos utilizando os grampos tipo C como mostra a figura 14.

Figura 13. Posicionamento das Pastilhas.

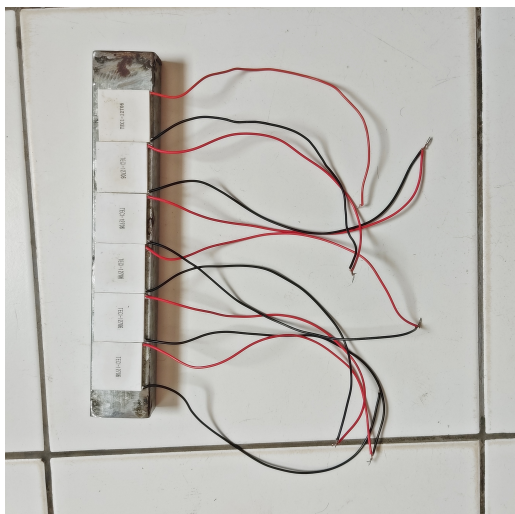
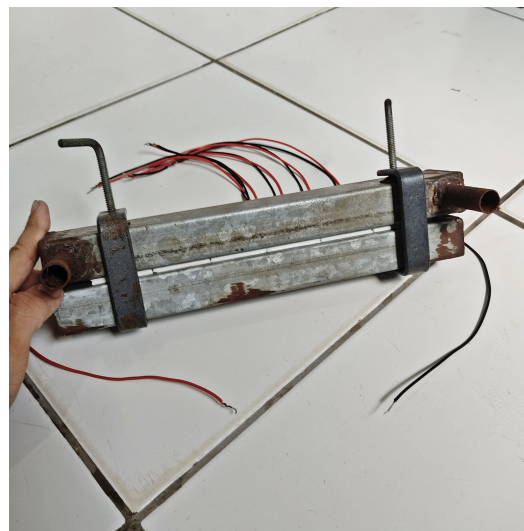


Figura 14. Tubos e partilhas presos pelos grampos tipo C.

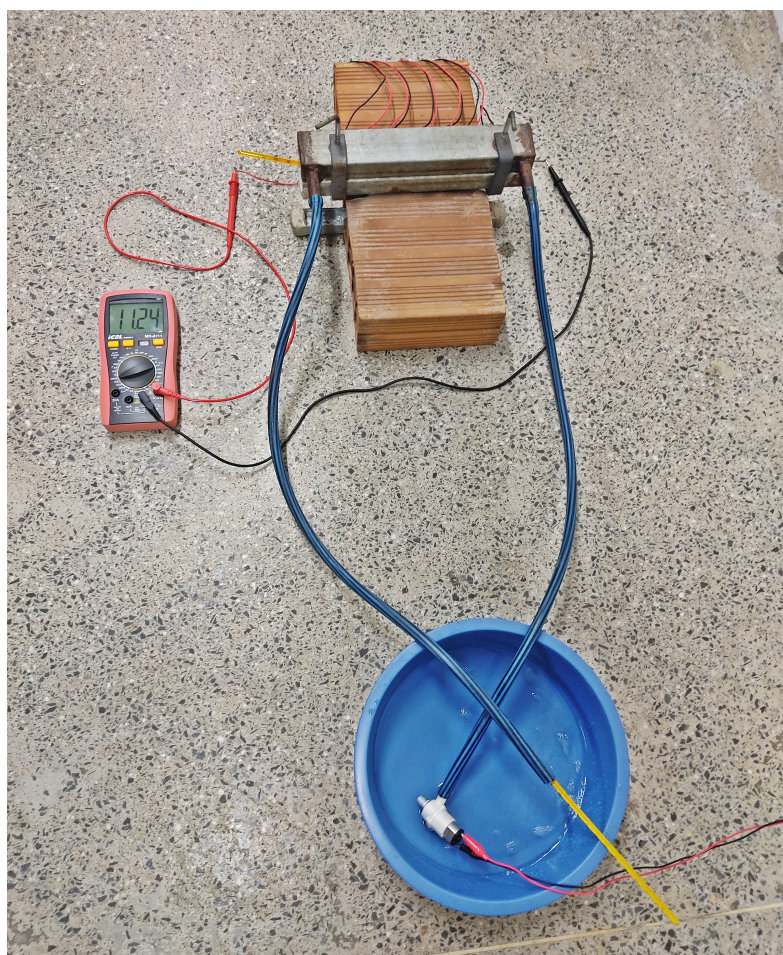


Fonte: Autoria própria.

A seguir, posicione os tijolos formando um suporte que sirva de base para colocar os tubos e pastilhas de maneira que o recipiente fique centralizado entre os tijolos. Em seguida, encaixe a maqueira nas conexões do tubo radiador com suas outras extremidades posicionadas em uma bacia com água de modo que a água seja bombeada pela bombinha mini motor DC da bacia para o radiador e do radiador para bacia. Esse ciclo fará com que a água arrefeça o tubo radiador esfriando o lado frio das pastilhas.

Por seguinte, posicione os termômetros na caldeira e na saída de água da mangueira e conecte os fios positivo e negativo resultantes da associação de pastilhas em um multímetro, para que assim seja registrada o valor da temperatura do lado quente e frio e sua tensão gerada.

Figura 15. Experimento montado.



Fonte: Autoria própria.

3.2.4 Procedimentos

Com a montagem finalizada, coloque álcool no recipiente e logo em seguida acenda o recipiente com álcool utilizando um fósforo, a chama irá aquecer a caldeira dando início a um gradiente de temperatura nos módulos termoelétricos tendo como resultado uma tensão elétrica que fará com que o mini motor DC da bombinha funcione, no qual inicialmente é alimentado pela fonte 5V e logo após atingir a tensão suficiente será utilizado a tensão provinda das pastilhas, e bombeará a água arrefecendo o tubo radiador, quanto maior a diferença de temperatura entre os tubos maior será a tensão elétrica registrada pelo multímetro proveniente das pastilhas.

3.2.5 Análise de dados

Com a utilização de termômetros posicionados no tubo quente e frio e com um multímetro conectado aos fios das pastilhas, foi realizado testes quantitativos com o intuito de verificação dos valores gerados de tensão elétrica para uma associação em série, em que foi utilizada uma quantidade de seis módulos termoelétricos, para que assim seja feita uma análise e apuração dos resultados sobre a capacidade de conversão de diferença de temperatura em eletricidade.

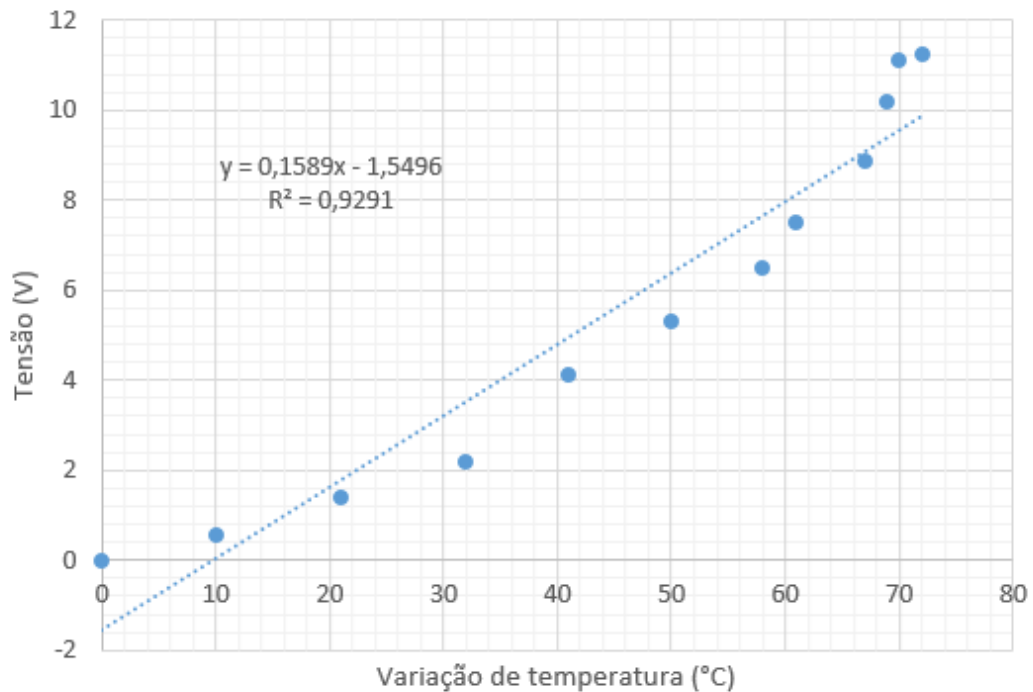
Tabela 1: Medidas de temperatura e tensão obtidas nos testes experimentais.

Medidas	Lado frio °C	Lado quente °C	Variação de temperatura °C	Tensão V
1	23 °C	23 °C	0 °C	0 V
2	26 °C	36 °C	10 °C	0,57 V
3	26 °C	47 °C	21 °C	1,40 V
4	27 °C	59 °C	32 °C	2,17 V
5	27 °C	68 °C	41 °C	4,10 V
6	27 °C	77 °C	50 °C	5,30 V
7	28 °C	86 °C	58 °C	6,50 V
8	28 °C	89 °C	61 °C	7,50 V
9	29 °C	96 °C	67 °C	8,89 V
10	29 °C	98 °C	69 °C	10,79 V
11	29 °C	99 °C	70 °C	11,10 V
12	28 °C	100 °C	72 °C	11,24 V
13	28 °C	100 °C	72 °C	11,20 V
14	29 °C	100 °C	71 °C	11,30 V
15	30 °C	100 °C	70 °C	11,05 V

Fonte: Autoria própria.

Durante a realização dos testes, houve fatores que interferiram a real medição dos dados, que foi a variação da chama proveniente da queima do álcool que modificaram os valores de temperatura impedindo que fossem feitas medidas mais precisas, e também, a falta de um isolamento térmico entre os tubos quente e frio, o calor gerado pela chama era propagado para o lado frio do tubo radiador que aumentava sua temperatura, logo o lado frio ficou com uma temperatura maior que a do ambiente, resultando em uma diminuição da diferença de temperatura entre os dois tubos. À vista disso, como foram medidos vários valores de tensão ao longo dos testes, não foi realizado a medida de um valor exato, porém pode-se determinar um valor médio da tensão gerada. Esses valores estão apresentados na tabela 1.

Figura 16. Gráfico tensão x variação de temperatura.



Fonte: Autoria própria.

Na figura 16, podemos analisar como a tensão variou para cada diferença de temperatura, observa-se que inicialmente teve um crescimento quase linear do valor da tensão, diante disso, pode-se afirmar que para pequenas variações de temperatura, tem-se um crescimento diretamente proporcional de tensão, comprovando a equação da força eletromotriz de Seebeck:

$$\varepsilon = S_{1,2}\Delta T \quad (10)$$

Por meio de uma regressão linear, feita a partir dos dados médios obtidos experimentalmente na tabela 1, obtém-se uma equação da tensão como função da variação de temperatura:

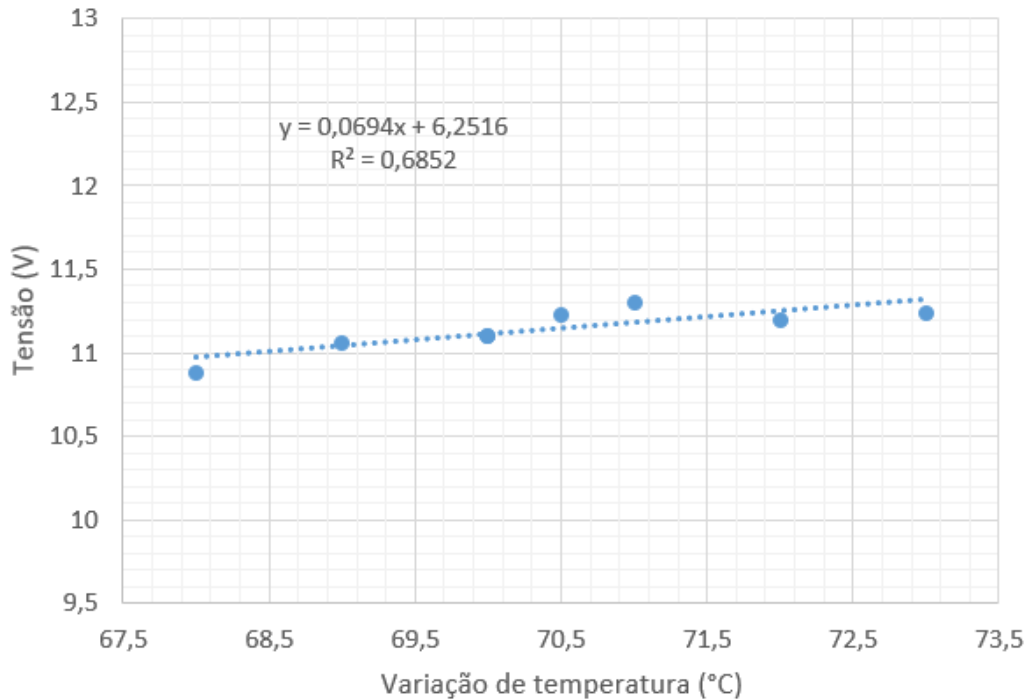
$$y = 0,1589x - 1,5496 \quad (11)$$

Onde y é a tensão ε e x assume os valores de ΔT . Dividindo-se a equação por ΔT , obtém-se a equação para o cálculo do coeficiente de Seebeck.

$$S_{1,2} = \frac{0,1589\Delta T - 1,5496}{\Delta T} \quad (12)$$

Logo após, quando a variação de temperatura se estabiliza, neste momento observa-se que o valor da tensão permaneceu quase que constante. Portanto, para variações dentro dessa faixa de valores, o valor da tensão é aproximadamente o mesmo com poucas mudanças em seus valores.

Figura 17. Gráfico tensão x variação de temperatura após estabilização.



Fonte: Autoria própria.

Com os dados apresentados na figura 17, verifica-se o valor da maior tensão registrada nos testes, tem-se uma média de 11,24 V de tensão, considerando que foi estabelecida uma diferença de temperatura máxima de 72°C, este valor é consideravelmente aceitável

visto que essa tensão pode ser aproveitada no dia-dia, isso mostra que o experimento pode ser útil de forma didática e comprova a teoria com a prática.

Diante do exposto, os resultados apontam que foram satisfatório os testes realizados, pois o valor de tensão gerada saiu nos padrões esperados para tal configuração de módulos termoelétricos, constatando a veracidade do fenômeno estudado.

3.2.6 Questionamentos

1. O que é energia?
2. Quais os tipos de energia que você conhece?
3. O que é termoeletricidade?
4. O que é o efeito Seebeck?
5. O que é o módulo termoelétrico e quais são suas aplicações?
6. Qual fenômeno está associado à geração de energia nesse experimento?
7. Quais são os fatores determinantes para o aparecimento da voltagem no experimento?
8. Cite exemplos de onde podemos aproveitar diferenças de temperatura para criar um sistema de conversão de energia térmica em energia elétrica através do efeito Seebeck de maneira sustentável?
9. Preencha a tabela abaixo com os dados encontrados no experimento:

Tabela 2: tensão x variação de temperatura

Medidas	Lado quente °C	Lado frio °C	Variação de temperatura °C	Tensão V
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando propor a inclusão da termoeletricidade e efeito seebeck na busca de uma alternativa de ensino mais atrativa foi desenvolvida essa sequencia didática e o próximo passo é realizar sua aplicação objetivando resultados educacionais. Esse trabalho tem como embasamento a teoria de David Ausubel, sobre a aprendizagem significativa, onde os subsunçores (conhecimento prévios) interagem para o desenvolvimento cognitivo, ancorando o conhecimento.

A partir do desenvolvimento e execução do presente trabalho, espera-se que o uso de uma sequência didática seja uma forma de promover uma aprendizagem significativa bem como a assimilação prática dos conteúdos e que a utilização de experimentos em uma aula teórica seja capaz de atrair a atenção dos alunos, tornando essa aula mais dinâmica, além de colocá-los mais próximos da situação real, ancorando os conhecimentos sem a necessidade de tirá-los da sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. d. O. *Propriedades físicas do semicondutor Bi_2Te_3* . Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. *Lisboa: Plátano*, v. 1, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. [S.l.]: Interamericana, 1980.
- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais - ensino médio. *Secretaria de Educação Média e Tecnológica/MEC*, 2002.
- DELIZOICOV D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. [S.l.]: Cortez, 1990.
- FERNANDES, A. E. S. d. S. *Conversão de energia com células de Peltier*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.
- FIALHO, A. B. *Instrumentação industrial: conceitos, aplicações e análises*. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2002.
- GONÇALVES, L. Microsistema termoeletrico baseado em teluretos de bismuto e antimônio. 2008.
- LISBOA, M. H.; FERRAZ, A. B. D. Desenvolvimento teórico e experimental de um modelo de gerador termoeletrico utilizando efeito seebeck. 2015.
- MOREIRA, A. E. R. O sol, a terra e os seres vivos: uma proposta de sequência didática para o ensino de ciências na educação de jovens e adultos. 2015.
- MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. [S.l.]: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. d. H. Teorias de aprendizagem. *Porto Alegre: Evangraf*, p. 32, 2011.
- PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. d. S. Afetividade e metacognição em percepções de estudantes sobre sua aprendizagem em física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 18, p. 107–122, 2016.
- PERETTI, L.; COSTA, G. M. T. D. Sequência didática na matemática. *Revista de Educação do IDEAU*, v. 8, n. 17, 2013.
- WERLANG, R. B.; SCHNEIDER, R. d. S.; SILVEIRA, F. L. d. Uma experiência de ensino de física de fluidos com o uso de novas tecnologias no contexto de uma escola técnica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 30, p. 1503–1, 2008.
- ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. porto alegre: Artmed. 1998.

APÊNDICE A

SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENSINO MÉDIO		
Prof. : _____	Turma: 3º ano	Data: ____/____/____ Duração: 3 aulas
Área do conhecimento: Ciências da Natureza	Componente Curricular: Física	
Unidade Temática: Termoeletricidade	Objeto de conhecimento: Transformação de energia	
Habilidade BNCC: (EM13CNT101) analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais. (EM13CNT102) realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos. (EM13CNT106) avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.		
Desenvolvimento:		
Aula 1 – Introdução e levantamento do conhecimento prévio		
Atividade 1 – Roda de conversa para apresentar o tema e diagnosticar o conhecimento prévio do aluno. Atividade 2 – Introdução sobre os tipos e fontes de energia e a geração de energia elétrica. Atividade 3 – Vídeo para auxiliar no ensino sobre as diferentes formas de produção de energia elétrica e o impacto ambiental. https://youtu.be/pxubcbNweac Atividade 4 – Produzir um texto sobre a importância da energia elétrica e o impacto para a manutenção da vida no planeta.		
Aula 2 – Termoeletricidade e o efeito seebeck		
Atividade 1 – Apresentar tecnologias e soluções para as demandas de produção de energia. Atividade 2 – Apresentar a termoeletricidade, despertando a curiosidade do aluno sobre o tema relacionando o conhecimento ao cotidiano. Atividade 3 – Apresentar o efeito seebeck e o processo para geração de eletricidade. Atividade 4 – Vídeo para auxiliar no ensino sobre produção de energia elétrica através do efeito seebeck de maneira sustentável. https://youtu.be/ePJDXm2taA Atividade 5 – Apresentar a pastilha peltier suas funcionalidades e aplicações.		
Aula 3 – Apresentação do experimento		
Atividade 1 – Apresentar o experimento. Atividade 2 – Mostrar possibilidades de aplicação e funcionalidades como carregamento de celular e acendimento de LEDs. Atividade 3 – Questionamentos e atividades para cálculo de temperatura e tensão.		
Recursos: Datashow, cópias de textos, Quadro, Pincel, Apagador, Experimento.		
Avaliação: A avaliação ocorrerá durante o processo de explanação do conteúdo, sendo realizada por meio da observação e registro das interações durante as aulas e nas realizações das atividades propostas.		