



MATERIAL DE APOIO

AS PASTILHAS TERMOPAR NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA

Este trabalho é o produto apresentado junto com a Dissertação de Mestrado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo sul fluminense, Universidade Federal Fluminense (UFF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Autor: Aguinaldo Valdecir dos Santos (Aguinaldo@feg.unesp.br)

Orientador: Professor Doutor Thadeu J. P. Penna (tjpp@id.uff.br)

SUMÁRIO

I – APRESENTAÇÃO.....	3
II – INTRODUÇÃO.....	3
III – OS MÓDULOS DE PELTIER.....	5
IV – APLICAÇÕES	7
IV.1 – APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE	8
IV.2 – APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE	11
IV.2.1 LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES	11
IV.2.2 SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS	12
IV.2.3 APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS DE PELTIER	12
IV.2.4 A ATIVIDADE PRÁTICA	13
IV.2.5 A DISCUSSÃO SOBRE A PRÁTICA.....	14
V – SUGESTÕES PARA PESQUISAS.....	18
VI – RECOMENDAÇÕES.....	20
VII – OBRAS CITADAS	20
VIII - APÊNDICES	21
APÊNDICE A	21
APÊNDICE B	22
APÊNDICE C	23
APÊNDICE D	26

I – APRESENTAÇÃO

Este material visa dar suporte aos professores que queiram utilizar em suas aulas experimentais as pastilhas termopar, e/ou explorar os fenômenos termoelétricos, aprofundando conceitos de eletricidade e termologia, desenvolvendo ou melhorando habilidades e competências de observação, obtenção de medidas, manipulação de equipamentos; atuando em aulas inovadoras que possam motivar a aprendizagem.

Para justificar essas práticas, faremos uma rápida análise de alguns problemas no ensino brasileiro, cuja solução exige a coragem para novas abordagens metodológicas, onde a experimentação ocupa papel importante, sendo indicada como ferramenta para a aplicação da teoria sócio histórica de Vigotsky.

Apresentaremos umas noções básicas sobre o efeito Peltier-Seebeck, para facilitar o entendimento do funcionamento das pastilhas termopar.

Em seguida, como exemplo, descreveremos duas atividades bem sucedidas, de metodologias diferentes, onde o uso desses módulos permitiu motivar os alunos, que alcançaram uma aprendizagem realmente significativa.

Em seguida apresento algumas fontes onde outras atividades podem ser encontradas e adaptadas para a realidade de cada turma.

II – INTRODUÇÃO

São muitos os fatores que nos levam a acreditar que a educação brasileira merece uma atenção especial.

Tomemos como referencial concreto a avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos em mais de 65 países, o PISA, Programme for International Student Assessment; desenvolvido e coordenado pela OCDE, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico; e coordenado no Brasil pelo Inep, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio

Teixeira. Nele o Brasil nunca foi destaque, mas nos últimos anos piorou, estamos indo no sentido contrário da evolução.

É indiscutível que a falta de alfabetização científica é muito nociva a toda comunidade, trazendo problemas nas áreas da saúde, segurança e, principalmente no desenvolvimento tecnológico e econômico. Isso já fora percebido há muito tempo; já em 1920, quando intelectuais e educadores que acreditavam ser possível transformar o país pela educação, lançaram o “Movimento Renovador”, que defendia “[...] o incremento da física tendo em vista a perspectiva de industrialização [...] e o fortalecimento de uma tecnologia nacional que tirasse o país do subdesenvolvimento”. (AFONSO, CHAVES, 2015, p. 5-6).

Sabemos que existem diversas variáveis envolvidas nesse problema: péssimas estruturas físicas e falta de equipamentos na maioria das escolas, tempo de aula muito curto, excesso de alunos nas classes, falta de tempo extra-classe, professores com excesso de aulas, entre outras (BERGOLD, RUIZ, 2005, p. 2).

É imprescindível uma alteração na metodologia dominante, é preciso que os professores inovem em suas práticas, tenham mais autonomia para escolherem as melhores propostas pedagógicas para a clientela com quem trabalha, é preciso:

“produzir no conhecimento das crianças o conhecimento não dos nomes das coisas, não do que se diz delas, mas dos fenômenos e obras da natureza, tais quais se revelam imediatamente aos olhos dos alunos, desenvolver as faculdades de observação, de assimilação, de invenção, de produção, formar o juízo, a independência de espírito [...] estabelecer o ensino experimental que fecunda os ‘órgãos do pensamento’, organizar a inteligência e não mobilizar a memória [...], eis o plano, o alvo da instrução científica [...]... na escola popular”.(RUI BARBOSA¹, 1922 apud AFONSO, CHAVES, 2015, p. 9)

É preciso que o ensino de ciências abandone seu formalismo excessivo, todo um acúmulo de informações descontextualizadas e excesso de operacionalismo, priorizando o desenvolvimento de habilidades e competências

¹Prefácio do volume II da obra *Problemas Práticos de Physica Elementar*, de H. L. Silva, adotada pela Diretoria Geral de Instrução Pública do Distrito Federal em 22/04/1916, e pela Secretaria Geral do Estado do Rio em 21/11/1923.

científicas, além do conteúdo conceitual básico (ALMEIDA, SASSERON, 2013, p. 1188)

As atividades experimentais podem e devem ser exploradas nas mais diversas propostas pedagógicas, e têm potencial para acelerar a alfabetização científica. Por isso foi uma das propostas do Movimento Renovador do início do século e continua, até hoje, sendo muito defendida por quase todos os que trabalham com educação.

As atividades experimentais ganham uma grande importância na teoria de Vygotsky, pois são momentos de intensa interação social, onde indivíduos de mesmas zonas de desenvolvimento proximal utilizam de vários instrumentos e signos para solucionar seus problemas, necessitando do domínio da linguagem para alcançarem seus objetivos.

Portanto as aulas experimentais, defendidas por tantos pensadores, tão difícil de ser realizada devido a diversos fatores que já foram citados e a outros que, aqui e agora não é pertinente serem comentados, devem ser implantadas, devem fazer partes da rotina das aulas de Ciências, pois trazem um potencial de crescimento cognitivo e social enorme.

III – OS MÓDULOS DE PELTIER

A termoeletricidade estuda as relações entre as propriedades elétricas e térmicas dos materiais, visando, além do puro entendimento de diversos fenômenos, como o aumento da resistência elétrica com o aumento da temperatura, por exemplo, também criar dispositivos capazes de medir temperaturas com maior precisão e técnicas diferenciadas; desenvolver fontes de calor, sólidas, pequenas e de fácil manuseio, que permitam aquecer ou resfriar equipamentos diversos.

O fenômeno termoelétrico foi descoberto pelo T. J. Seebeck em 1821, que conseguiu fazer circular uma corrente elétrica em um circuito fechado, formado por dois condutores metálicos diferentes, ao submeter suas junções à temperaturas diferentes.

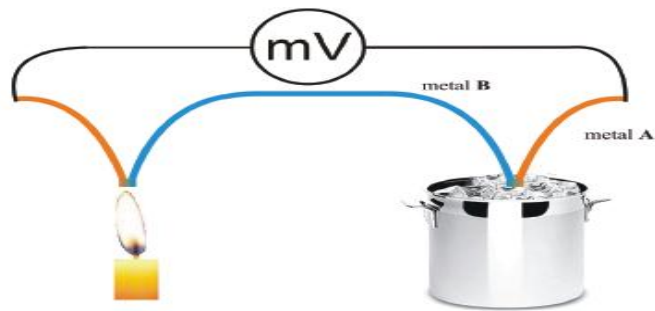


Figura 1: O efeito Seebeck

[Fonte: <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf>. Acesso em julho de 2016]

Em 1834, Jean Charles Athanase Peltier, descobre um efeito inverso ao efeito Seebeck, ou seja, ao fazer uma corrente elétrica circular num circuito formado por condutores diferentes, surge em suas junções um gradiente de temperatura.

“Denominamos por efeito Seebeck a geração de eletricidade a partir da diferença de temperaturas. O efeito inverso, ou seja, a geração de diferença de temperatura a partir de eletricidade é denominado efeito Peltier. É usual aos livros científicos se referirem a ambos os efeitos como duas faces de um mesmo fenômeno denominado de efeito Peltier-Seebeck.” (KAKIMOTO, 2013):

Os efeitos termelétricos ocorrem pelo fato dos elétrons livres de cada condutor, do par termoeletrico, variarem seus deslocamentos em função da temperatura de modos diferentes. Isso faz com que a difusão dos elétrons nas junções ocorra em ritmos diferentes.

Um elemento termopar consiste na junção de dois fios de ligas metálicas, de diferentes materiais. Portanto é fácil de ser montado, basta escolher corretamente as ligas, o que pode ser pesquisado na norma NBR 12771, que traz muitas outras informações importantes sobre esses elementos.

Letra de código	Termoelemento	
	Positivo	Negativo
R	Platina - 13% ródio	Platina
S	Platina - 10% ródio	Platina
B	Platina - 30% ródio	Platina - 6% ródio
J	Ferro	Cobre-níquel
T	Cobre	Cobre-níquel
E	Níquel-cromo	Cobre-níquel
K	Níquel-cromo	Níquel-manganês-silício-alumínio
N	Níquel-cromo-silício	Níquel-silício

Figura 2: Designação dos tipos de Termopar

[Fonte: Disponível em <<http://www.boxindustrial.com.br/wp-content/uploads/2015/08/NBR-12771-Termopares-Tabelas-De-Referencia.pdf>>. Acesso em julho de 2016]



Figura.3: Termopar feito de cobre e arame
[Fonte: KAKIMOTO, 2013, p. 8]

Com o desenvolvimento dos semicondutores, hoje estão disponíveis no mercado diversos elementos termopares, também chamados de módulos Peltier ou pastilhas termoelétricas.

Esses módulos estão sendo cada vez mais utilizados, principalmente nos setores de consumo, automotivo, industrial e militar, pois podem operar como bombas de calor, apresentando diversas vantagens: “a ausência de peças móveis, gás freon, barulho e vibração; além do tamanho reduzido, alta durabilidade e precisão.” (Peltier, 2016)



Figura 4: Módulos de Peltier comerciais
[Fonte: Disponível em <<http://www.peltier.com.br>>. Acesso em julho de 2015]

IV – APLICAÇÕES

Tendo como foco a importância das aulas práticas no ensino de Física e o valor da socialização no processo de ensino e aprendizagem, dos trabalhos em equipe, como já fora discutido anteriormente, resolvemos fazer duas aplicações:

uma para as 1^{as} séries do ensino médio e a outra para as 3^{as} séries, também do ensino médio.

Ambas as aplicações são práticas que, até o momento, ainda não foram exploradas em outras aulas, pois além de se usar as pastilhas de Peltier como agente motivador, ainda visam à confecção de produtos usando as pastilhas, isso para as 1^a séries; e fazer com que os alunos das 3^a séries descubram, a partir dos dados experimentais obtidos por eles, a importância da evaporação nas curvas de aquecimento, discutindo o quanto as “idealizações” feitas nos exercícios dos livros didáticos [ignorando atritos, resistência do ar, considerando os sistemas perfeitamente isolados etc] levam a descrições equivocadas dos fenômenos naturais.

Estas aplicações também exploram e desenvolvem as habilidades dos alunos em manusear aparelhos de medições, montar tabelas e discutir relações entre as grandezas, conduzindo efetivamente a uma aprendizagem significativa, de modo que:

“O novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio [aquele que ele já possui] fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.”(MOREIRA, 1999², 2000³, 2006⁴ apud MOREIRA, 2013, p. 225)

IV.1 – APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE

Eu sugeri que fizessem uma pesquisa, escolhessem dois trabalhos e passassem para mim a descrição dos trabalhos e suas fontes; após eu analisar suas escolhas faria a seleção entre os dois, para que o confeccionassem e apresentassem na nossa feira de ciências, que ocorreria uns dois meses depois.

Informados sobre qual trabalho fora selecionado, cada equipe deveria estar com o trabalho confeccionado até um mês antes, e me entregar um relatório escrito sobre a pesquisa e sua execução.

Fizemos isso embasados nas metodologias do ensino por projetos, que:

²MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

³MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: VISOR, 2000.

⁴MOREIRA, Marco Antônio. *A aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

“[...] defendem a idéia [sic] de que o aluno aprende participando, tomando atitudes diante dos fatos, investigando, construindo novos conceitos e informações, e selecionando os procedimentos apropriados quando diante da necessidade de resolver problemas.”(HERNANDEZ, 1998⁵; FREIRE, 1997⁶ apud www.conteudoescola, 2004)

Sabíamos que algumas equipes me procurariam para eu sugerir atividades. Quando isso aconteceu, sugeri a duas equipes que pesquisassem sobre o efeito Peltier-Seebeck, os módulos Peltier e algum equipamento que eles poderiam fazer usando esse assunto.

Como se tratava de um trabalho piloto, sobre um assunto que não é explorado no ensino médio [inclusive, vários dos colegas que ministram aulas no ensino técnico não conheciam o efeito Peltier-seebeck], resolvemos não arriscar envolvendo toda classe, por isso escolhi apenas duas equipes, em função do quanto seus membros se envolviam nas aulas de física.

Uma equipe resolveu fazer uma mini geladeira refrigerada com pastilhas Peltier, tomando como base um vídeo que encontraram na internet [YouTube, Peltier].



Figura 5: Geladeira com pastilha termopar, feita pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Na parte de cima da caixa de isopor havia uma pastilha termopar com a superfície fria voltada para o interior da caixa; sobre a superfície quente dessa

⁵HERNANDEZ, Fernando. *Transgressão e Mudança na educação: Os Projetos de Trabalho*. Porto Alegre, RS: ED. ARTMED, 1998.

⁶FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia*. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1997.

pastilha, que estava voltada para o lado de fora da caixa, colocaram um dissipador de calor, conforme imagem esquematizada abaixo:

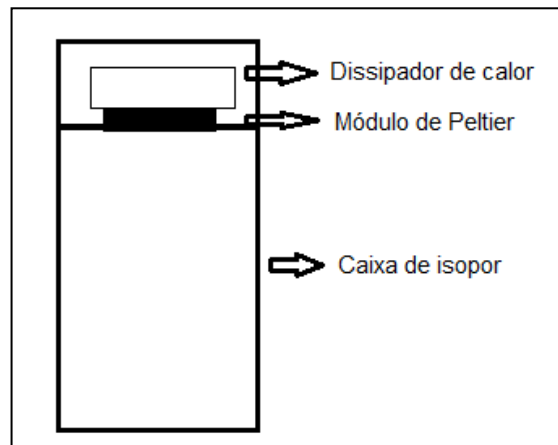


Figura 6: Croqui da Geladeira com pastilha termopar.
[Fonte: próprio autor]

A outra equipe resolveu acender um led usando uma pastilha termopar, como tinham visto num vídeo na internet [YouTube, Manual do Mundo].



Figura 7: Gerador termoelétrico acendendo um led, feito pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Colocaram entre duas latas metálicas uma pastilha termopar, muito bem fixada, usaram pasta térmica para aumentar o contato entre as superfícies do módulo e das latas. Colocaram gelo na lata que estava do lado da superfície fria da pastilha, e água fervente na lata que estava do lado da superfície quente da

pastilha; ao fazerem isso, um led que estava ligado nos terminais da pastilha acendeu.

IV.2 – APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE

IV.2.1 LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES⁷

Num primeiro momento verifiquei o que o aluno já sabia sobre o tema a ser explorado, fiz um levantamento de seus conhecimentos prévios.

Esse levantamento dos conhecimentos prévios foi imprescindível para a execução das etapas seguintes, pois me ajudou a escolher as palavras e posturas para as próximas atividades e a montar os grupos de trabalho, procurando colocar num mesmo grupo alunos que possuam zonas de desenvolvimento proximal parecidas.

Em duplas tiveram 15 minutos para responder um questionário com 05 questões [veja Apêndice A], cada uma com objetivos bem definidos:

- 1ª questão: verificar se estavam claros para eles os conceitos de calor e temperatura;
- 2ª questão: Verificar a importância que dão às unidades, medidas, sistemas de unidades e se são capazes de perceber que calor é energia, afinal, ambos possuem a mesma unidade;
- 3ª questão: Verificar suas noções sobre trocas de calor e a importância do material nesse processo;
- 4ª questão: Verificar suas ideias sobre condutividade térmica;
- 5ª questão: Verificar suas noções da relevância das quantidades de matéria durante as trocas de calor e suas habilidades em propor ações para resolver problemas práticos.

⁷Subsunçor, ou conceito subsunçor, é definido por Ausubel como uma estrutura de conhecimentos específicos sobre determinado tema (MOREIRA, 2013, p. 161).

IV.2.2 SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

Num segundo momento, numa atividade que devia durar 15 minutos, mas que se estendeu por 26 minutos, embasado na ênfase que Vygotsky dá as origens sociais dos processos psicológicos superiores, socializamos as respostas dadas pelos alunos no questionário anterior.

Segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho, levar os alunos a argumentarem é, em algumas turmas, uma tarefa muito difícil, mas o professor deve insistir, criando oportunidades para que os alunos exponham suas ideias, pois isso aumentará a segurança e o envolvimento destes com as práticas científicas (2007, p. 31):

“A habilidade de levar os alunos a argumentarem merece ser trabalhada pelos professores nas aulas de ciências, pois é pela exposição argumentativa de suas idéias que os aprendizes constroem as explicações dos fenômenos e desenvolvem o pensamento racional” (op. cit., p.31).

Eu lia a questão e os alunos liam suas respostas.

Diante de cada resposta, eu ou qualquer outro aluno que quisesse podia fazer comentários e outras questões pertinentes, complementando e eliminando erros da resposta dada pelo colega.

IV.2.3 APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS DE PELTIER

Nesta etapa, estipulada para durar 10 minutos, mas que durou 16 minutos, pois os alunos usaram um tempo maior que o esperado para manusear as pastilhas, não visávamos discutir detalhadamente os conceitos que explicam cientificamente o efeito Peltier-Seebeck.

Nós optamos por apresentar um dispositivo que se utiliza desse efeito, as pastilhas termopar, sendo muito úteis nas indústrias e em pequenos equipamentos comuns em nosso dia a dia, como os bebedouros, por exemplo.

Nessa abordagem, resolvemos utilizar os mapas conceituais, que:

“[...] devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram as relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento.” (MOREIRA, 1980⁸ apud MOREIRA, 2006, p. 10).

Usei um slide dinâmico [veja apêndice B], em que o mapa conceitual era montado aos poucos, diante dos alunos, apresentando movimentos e sons, a medida que as ideias iam fluindo.

Concomitantemente à apresentação, cada dupla de alunos manuseavam uma pastilha termopar, ligando-a a fonte e confirmando que uma das superfícies aquecia enquanto a outra se esfriava.

IV.2.4 A ATIVIDADE PRÁTICA

O grupo de alunos foi dividido em 05 equipes de 03 alunos.

A cada equipe foi pedido que:

- usando uma balança, verificasse a massa de água contida num Becker;
- colocasse esse Becker com água sobre a superfície quente de um módulo de Peltier;
- fixasse dentro da água um termômetro;
- ligasse a pastilha de Peltier a uma fonte;
- fixando uma tensão, pois a fonte era regulável, anotasse a corrente que o amperímetro indicava.
- finalmente, construísse uma tabela informando a temperatura em diversos instantes.

⁸MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa*. Ciência e Cultura, v. 32, n. 4, 1980.



Figura 8: Montagem do experimento
[Fonte: Próprio autor]

Pedi que repetissem o procedimento para o maior número de tensão possível, preenchendo as tabelas que lhes dei [veja apêndice C].

Informei que usaria as medidas feitas por eles para esboçar os gráficos da temperatura versus tempo; depois discutiria os resultados diante de toda a classe, verificando quantos alunos conseguiriam perceber, com esses dados, uma diferença entre uma certa teoria apresentada em classe e o fenômeno observado na prática.

Solicitei que me enviassem por escrito, ou no formato digital, como lhes fosse mais prático, um questionário [veja apêndice D], para que eu avaliasse o impacto da descoberta do efeito Peltier-Seebeck em suas formações e, principalmente, obtivesse sugestões para sua aplicação didática.

IV.2.5 A DISCUSSÃO SOBRE A PRÁTICA

Dos 15 alunos, 04 não entregaram o questionário.

De início, pedi que enumerassem alguns fatores que poderiam ter nos levado a erros. Foram citados por eles:

- Não se tem certeza se os aparelhos de medição, voltímetro, amperímetro, balança e cronômetros estavam bem aferidos.
- Os Beckeres ou balanças usados, com certeza não eram precisos, pois em um Becker que indicava 40 ml de água, verificamos uma massa de água de 36,1 g, o que não coincide com a densidade tabelada da água, 1 g/cm^3 .

- Os termômetros deviam possuir uma precisão maior do que $0,5^{\circ}\text{C}$.
- Analisamos como se o sistema estivesse isolado, mas ocorriam trocas de calor com o recipiente e com o meio.

Pedi que formassem grupos de 03 alunos e calculassem o calor específico da água.

Coloquei na lousa diversas fórmulas, de diversas áreas da física, eles deveriam descobrir quais utilizar.

Esse cálculo foi fácil para a maioria, apenas um grupo precisou de uma atenção especial.

Conhecendo a tensão (V) e a corrente elétrica (i) calcularam a potência (P), usando $P = i \cdot V$. Escolheram um intervalo de tempo e determinaram a quantidade de energia fornecida ao sistema nesse período, usando $P = E/\Delta t$. Acertaram as unidades, transformando o joule em calorias, considerando que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. Com esse valor ($E = Q$) mais a massa da água (m) e a variação de temperatura (ΔT) no intervalo de tempo considerado, usando $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, calcularam o calor específico (c) da água.

No primeiro cálculo apenas um grupo chegou num valor próximo, $1,4 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, os demais acharam valores bem maiores, iguais e até maiores que o dobro do valor tabelado.

Na socialização dos resultados verificamos que, quanto menor o intervalo de tempo considerado, mais o resultado dos cálculos se aproximava do valor esperado.

Perguntei-lhes o por quê disso.

A discussão convenceu a todos que não podíamos atribuir esse detalhe aqueles fatores de erros citados anteriormente.

Para inspirá-los, li alguns enunciados de exercícios onde pediam para desprezar os atritos, outro exercício que pedia para ignorar a resistência do ar, outro exercício ainda, de gravitação, que pedia para considerar a órbita de um dos planetas do sistema solar uma circunferência perfeita.

Comentei que a resposta para nossa pergunta talvez fosse algo comum a todos esses exercícios.

Um aluno comentou que, ao aumentarmos o intervalo de tempo, provavelmente alguma grandeza ou fenômeno que podiam ser desprezados para intervalos pequenos, começassem a ser mais relevantes.

Exibi para todos, com o auxílio de um datashow, o gráfico para 4,0 V, obtido pelo grupo 04, e o gráfico para 11 V, obtido por mim, disponível logo abaixo:

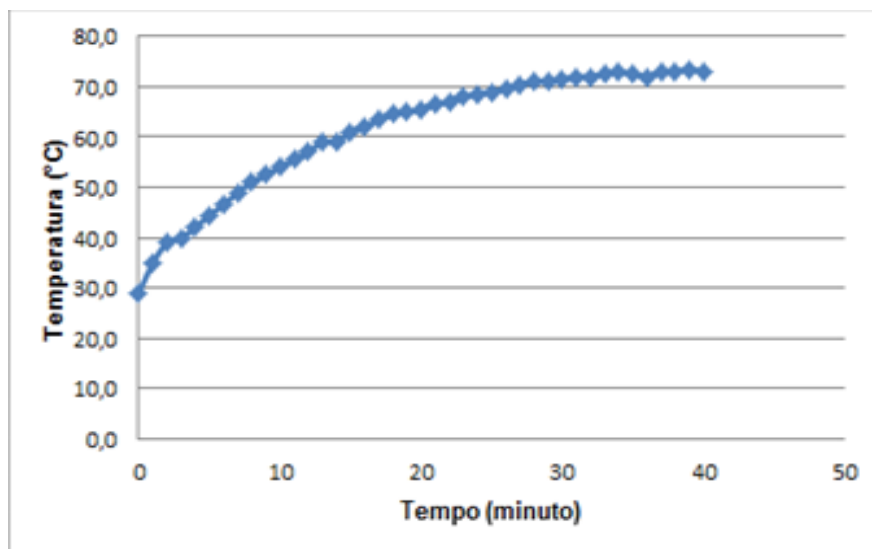


Figura 9: Gráfico gerado por mim para 11 V
[Fonte: próprio autor]

Após os alunos debaterem um pouco sobre o que eu poderia estar querendo ao exibir aqueles gráficos, uma aluna lembrou-se das curvas de aquecimento para as substâncias puras, como a água. Perguntei-lhe se ela sabia esboçar esse gráfico, ela disse que não, mas outro aluno prontamente atendeu, desenhando-o na lousa.

Exibi o gráfico abaixo:

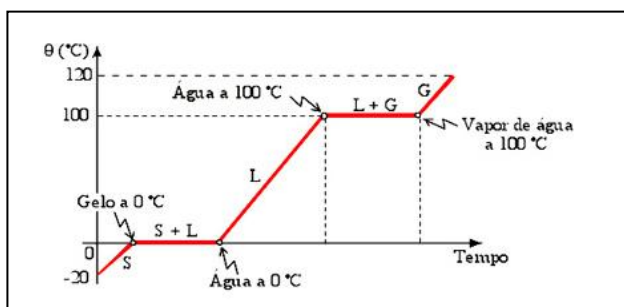


Figura 10: Curva de aquecimento da água
[Fonte: Disponível em: <<http://blogdoenem.com.br/calor-sensivel-e-calor-latente-revisao-de-fisica-enem/>>. Acesso em maio de 2015]

Depois de uma saudável discussão, um aluno comentou que nossos gráficos, os dois primeiros exibidos, faziam uma curva, enquanto que o gráfico visto em física e química, esse último exibido, traçava retas.

O mesmo aluno que relacionou o intervalo de tempo com algum fenômeno que estávamos desprezando, sugeriu que talvez fosse por não estarmos no nível do mar. Isso foi fortemente rebatido pelo aluno que chamou atenção para a diferença nas curvas dos gráficos; ele defendeu que se fizéssemos o mesmo experimento no litoral obteríamos uma curva idêntica.

Foi então que uma aluna chamou a atenção para as condições em que o gráfico idealizado fora traçado, no mais perfeito isolamento. Ela concluiu sua argumentação dizendo que: “se a água não tiver isolada ela evapora, apenas pela temperatura ambiente”.

O aluno que percebeu a diferença entre as curvas nos gráficos, completou: “a diminuição da quantidade de água é responsável pela diferença nos gráficos”.

Outro aluno concluiu que é por isso que quando consideramos intervalos de tempo grandes o cálculo do calor específico foge muito do um (01) esperado. Para intervalos de tempo pequenos, evaporou pouca água, daí os resultados dos cálculos coincidirem mais com a teoria.

Nesse momento exibi o gráfico do Professor Fernando Lang:

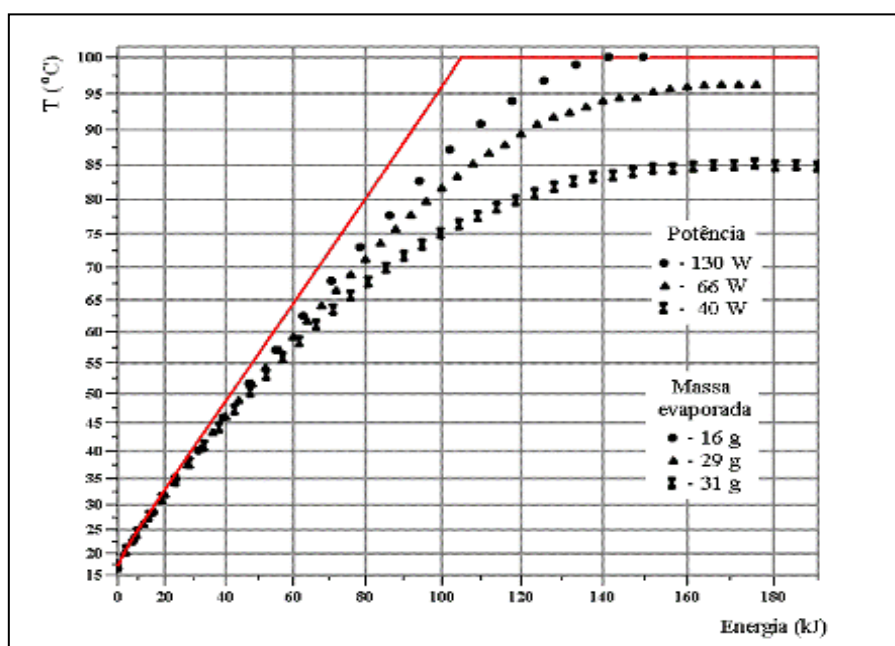


Figura 11: Curva de aquecimento da água obtida pelo Prof. Fernando Lang [Fonte: Disponível em <www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=689>. Acesso em maio de 2015]

Os alunos ficaram imensamente contentes por terem chegado às mesmas conclusões que um grande cientista.

Um deles lamentou-se pelo fato dos inúmeros cálculos feitos em classe não descreverem realmente o fenômeno, ao qual eu expliquei que descrevem sim, mas com uma condição de contorno menor; para pequenas variações dos valores das principais grandezas, os resultados calculados são bem reais.

Outro aluno acrescentou que são tantas grandezas, tantas variáveis, que é impossível equacionar todas, o máximo que podemos fazer é chegar a um valor aproximado, isso inclui até os cientistas, que trabalham em condições muito mais ideais.

Respondi que já existe nas ciências exatas uma ferramenta para contornar esse problema: o cálculo apoiado no caos determinístico.

Eles quiseram saber mais, mas a aula já tinha acabado há uns 20 minutos. Eu lhes disse que não sabia muito sobre o tema, mas que eles têm muito acesso a informação, basta saber usar. Minha função é despertar neles a vontade de descobrir, de ir além; meu sonho é que eles aprendam muito mais que eu.

V – SUGESTÕES PARA PESQUISAS

Existem na internet diversos exemplos interessantes de atividades usando os módulos de Peltier, também muita informação a respeito de seu funcionamento.

Um site com bastante informação é o <http://www.peltier.com.br/>.

Em seguida indicarei nove sites, que foram citados no trabalho de KAKIMOTO (2013), aproveitando a apresentação que ele fez para cada site.

Alguns eu usei como fonte de informação e inspiração.

[1] ____, “Como transformar energia elétrica em energia térmica”, <http://fisicomaluco.com/experimentos/2008/09/15/comotransformar-energia-termica-em-energia-eletrica/>,

“Apresenta de forma didática e com linguagem acessível a descrição do efeito Peltier-Seebeck e como pode ser feito um experimento que comprove a geração de eletricidade através da temperatura. A idéia é apresentada em termos da conversação de energia térmica em energia elétrica.”

[2] RRTD, “Efeito Seebeck”, <http://rrtd.blogspot.com.br/>

“Descreve passo a passo a experiência do Efeito Seebeck e os problemas

encontrados na sua execução. Interessante do ponto de vista de quem precisa reproduzir o experimento.”

[3] Waintraub, F; Mourão F; “Termopares: Teorias e Técnicas”
<http://www.peb.ufrj.br/cursos/eel710/Termopar.pdf>

“Esse material é mais voltado para o estudo dos termopares. Apresenta uma abordagem mais adequada ao ensino superior, pois trata da modelagem matemática do fenômeno e das práticas para confecção e utilização de termopares em instrumentação.”

[4] YouTube: *Efeito Peltier//PeltierEffect*,
<http://www.youtube.com/watch?v=CSmRMt-LmWc>,

“Apresenta o experimento do efeito Seebeck utilizando um conjunto de placas de cobre conectadas às faces de um dispositivo Peltier. As placas são emersas em duas fontes de temperatura: uma quente (café) e outra fria (água gelada) o Peltier é conectado a um motor DC que tem em seu eixo uma hélice acoplada.”

[5] Youtube: *Generate electricity from your body heat*,
<http://www.youtube.com/watch?v=pglOUXKyzFE>

“Nesse experimento o dispositivo Peltier é colocado entre uma placa de alumínio e um dissipador. A placa está em contacto com uma vasilha contendo gelo e o dissipador está em contacto com o ar. Os terminais do Peltier estão conectados a um motor. Um voltímetro e um amperímetro são usados para medir a corrente e a tensão no motor DC. A variação de temperatura é intensificada colocando-se a palma da mão no dissipador e depois com o uso de um maçarico e um aquecedor de cabelo o processo é repetido.”

[6] Youtube: *Peltier as a thermoelectric generator (TEG)*,
<http://www.youtube.com/watch?v=VQxYoJ-X--8>,

“Experimento similar ao mostrado nas referências [4] e [5], usa um motor com uma roda de carrinho acoplado e um multímetro para verificar a tensão gerada. Menos explicativo que os anteriores, faz uso de um isqueiro como fonte de calor.”

[7] Youtube: *Demo of the Seebeck Effect*,
http://www.youtube.com/watch?v=bt5o_rn0FmU,

“Em inglês esse vídeo apresenta o efeito Peltier num contexto de aplicação (sistemas de refrigeração).”

[8] Youtube: *EfectoSeebeckPeltier. Crearelectricidaddel calor*,
<http://www.youtube.com/watch?v=9GBvMf-FDIQ>,

“Em espanhol, esse vídeo explica a diferença dos fenômenos Peltier e Seebeck e mostra passo a passo o experimento de efeito Seebeck utilizando um termopar que é aquecido e fornece até 2 mV de tensão. Utiliza também um conversor Peltier comercial que faz funcionar um pequeno motor entre fonte de água quente (utiliza um radiador para transferir o calor para o Peltier) Consegue até 2 V de tensão DC que alimenta o motor.”

[9]_____ https://www.acontecendoaqui.com.br/canadense-de-15-anos-crialaterna-que-funciona-apenas-com-o-calor-dasmaos/?utm_source=spacemail&utm_medium=email&utm_content=Jornal+Brasilalemanha+contato%40brasilalemanha.com.br&utm_campaign=Edi%E7%E3o+2.185

“Nesse vídeo indicado pelo coordenador da disciplina, uma aluna de ensino

médico canadense construiu uma lanterna utilizando um peltier e tendo como fonte de calor o corpo humano. O projeto é simples e interessante para ser mostrado a alunos do ensino médio.”

VI – RECOMENDAÇÕES

- * Procurar isolar mais o sistema.
- * Para confirmar teorias deve-se usar intervalos de tempos pequenos (menos de 10 min);
- * Para discutir o efeito da evaporação e a necessidade do isolamento térmico, o papel das idealizações nos problemas de Física, deve-se usar intervalos de tempos maiores;
- * Nem todas aquelas etapas usadas na 3ª série precisam ser aplicadas, mas caso opte em explorá-las, seria interessante dividi-la em diversas aulas, ganhando mais tempo para sua discussão.
- * Talvez seja interessante treinar os alunos no manuseio dos aparelhos usados, discutindo as principais causas que levam a erros nas medições, a fim de evitá-las.
- * O modelo usado (TEC1-12706), o mais barato, queima aos 12 V;
- * Se a turma é interessada, professor pode discutir os efeitos termoelétricos e até a Lei de resfriamento de Newton.

VII – OBRAS CITADAS

AFONSO, Julio Carlos, CHAVES, Francisco Artur Braun. Uma proposta inovadora de ensino de física experimental no início do Século XX. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SP. v.37, n.1, 2015.

ALMEIDA, Andrey, SASSERON, Lúcia. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. In: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2013, Girona.

BERGOLD, Arthur William de Brito, RUIZ, Victor Enrique Vizcarra. Anistia da Física Experimental no Ensino Médio: iniciando um laboratório didático de Física. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. *Contexto & educação*, RS: Ed. Unijuí, ano 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

CONTEÚDO ESCOLA, O PORTAL DO EDUCADOR. *Ensino por projetos – Introdução*. Disponível em <<http://www.conteudoescola.com.br/resenhas/69>>. Acesso em fevereiro de 2016.

KAKIMOTO, Luis Carlos. *Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura*. Campinas, 2013. 55 f. TCC – Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, Campinas, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de aprendizagem*. 2. Ed. São Paulo: editora E.P.U., 2013. 242 p. cap. 07, 09, 11 e 15.

MOREIRA, Marco Antônio. *Mapas Conceituais e diagrama V*. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/marycrezende/livro-mapas-conceituais-e-diagramas-v-completo1>>. Acesso em julho de 2015.

[YouTube, Peltier] *Mini Geladeira de pastilha de peltier*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=i-jdXdL7bc8>>. Acesso em setembro de 2015.

[YouTube, Manual do Mundo] *Como gerar energia só com água (Gerador Termoelétrico)*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>>. Acesso em setembro de 2015.

VIII - APÊNDICES

APÊNDICE A

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

DATA: _____

ALUNO 1(opcional): _____

ALUNO 2(opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

01) O que vocês entendem por:

- Temperatura:

- Calor:

02) Quais as principais unidades usadas para medir:

- Temperatura: _____
- Calor: _____

03) "Quando um corpo quente aquece um corpo frio, suas temperaturas variam igualmente? [...] Podemos afirmar que a temperatura passou de um corpo para outro?" [1]

04) "Dois blocos, um de madeira e outro de metal, estão à mesma temperatura. Explique por que, quando tocamos os blocos à temperatura ambiente, o de metal parece estar mais frio do que o de madeira, e quando eles estão quentes ao tocá-los, o de metal parece-nos mais quente do que o de madeira. [...] [1]"

05) (FUVEST-SP) Uma dona de casa em Santos, para seguir a receita de um bolo, precisa de uma xícara de água a 50 °C. Infelizmente, embora a cozinha seja bem aparelhada, ela não tem termômetro. Como pode a dona de casa resolver o problema? (você pode propor qualquer procedimento correto, desde que não envolva termômetro.)

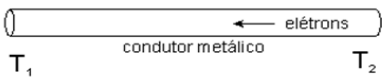
[1] HALLIDAY, D.; RESNICK, ROBERT. *Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991, página 192.

APÊNDICE B

SLIDE USADO PARA APRESENTAR OS MÓDULOS DE PELTIER

EFEITO PELTIER-SEEBECK

Thomas Johann Seebeck - 1821

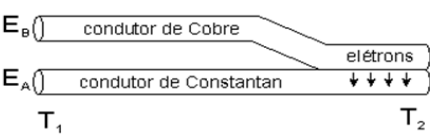


condutor metálico

T₁ T₂

fonte de calor

Jean Charles Athana Peltier, em 1834, nota que uma diferença de potencial numa junção também pode gerar um gradiente de temperatura



condutor de Cobre

condutor de Constantan

T₁ T₂

fonte de calor

APÊNDICE C

ROTEIRO DA AULA EXPERIMENTAL

CARACTERIZANDO UMA PASTILHA TERMOPAR

DATA: _____

ALUNO 1(opcional): _____

ALUNO 2(opcional): _____

ALUNO 3(opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

PROCEDIMENTO:

Pesa-se a substância que será usada, fixa-se uma diferença de potencial, verifica-se o valor da respectiva corrente elétrica e anota a temperatura a certos intervalos de tempo (12 intervalos).

MATERIAL:

PRÁTICA:

- **Substância:** _____
- **Fonte:** _____
- **Termômetro:** _____

PARTE QUENTE (AUMENTO DA TEMPERATURA)

- **Para 1,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

APÊNDICE D

AVALIAÇÃO DA AULA PELOS ALUNOS

Olá,

Hoje você revisou conceitos importantíssimos de termologia e entrou em contato com um efeito físico descoberto no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, e na fabricação de pequenas geladeiras, bebedouros, pilhas atômicas etc, ainda é pouco conhecido por professores de física e engenheiros.

Existe um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.

Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se agrava devido ao fato de ter que levar para classe fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bico de Bunsen, e as fontes frias são gelos, gelos secos, o que causam sujeira e são "difíceis" de se manusear.

Penso que podemos usar as pastilhas de Peltier como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o efeito Peltier-Seebeck.

Peço que pense nas questões abaixo e me envie suas respostas o mais rápido que puder.

Você pode escanear essa folha e me enviar: prof.aguinaldofisica@gmail.com

Obrigado!

Prof. Aguinaldo

Aluno (opcional): _____ **Série:** _____ **Curso:** _____

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolhestes (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos, verificação do calor específico de algumas substâncias, verificação da validade das leis da termodinâmica, e as descreva.
