



ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Dilatação Térmica dos Sólidos para alunos do Ensino Médio

ANDERSON ADAUTO PAIVA CARNEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Silva

Belém-Pará
Dezembro-2019



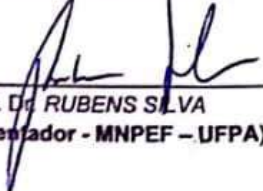
ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.


ATA DA 40ª SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADA "ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Dilatação Térmica dos Sólidos para alunos do Ensino Médio". PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO FÍSICA, COMO DISPÕE O ARTIGO 33º DO REGIMENTO DO MNPEF, REALIZADA ÀS 09 HORAS DO DIA 23 DE DEZEMBRO DE 2019, NO AUDITÓRIO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA-ENSINO. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 40 MINUTOS PELO CANDIDATO ANDERSON ADAUTO PAIVA CARNEIRO, MATRÍCULA Nº 201768870021, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: PROF. Dr. RUBENS SILVA (ORIENTADOR), PROF. Dr. JOSÉ ALEXANDRE DA SILVA VALENTE (MEMBRO EXTERNO), PROFa. Dra. FÁTIMA NAZARÉ BARAUNA MAGNO (MEMBRO INTERNO). EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGÜIÇÃO, TENDO DEMONSTRADO PLENO CONHECIMENTO NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO A BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA APROVAÇÃO DA MESMA, E QUE SE PROCEDA NO PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS A VERSÃO FINAL COM AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

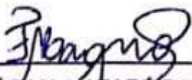
CANDIDATO:

Anderson Adauto Paiva Carneiro

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. RUBENS SILVA
(Orientador - MNPEF - UFPA)


Prof. Dr. JOSÉ ALEXANDRE DA SILVA VALENTE
(PPGECM - IEMCI - UFPA)


Profa. Dra. FÁTIMA NAZARÉ BARAUNA MAGNO
(Membro Interno - MNPEF - UFPA)

**ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de
Dilatação Térmica dos Sólidos para alunos do Ensino Médio**

ANDERSON ADAUTO PAIVA CARNEIRO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em ensino de física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

ORIENTADOR:

Prof. Dr. *RUBENS SILVA*

(MNPEF – UFPA)

MEMBRO EXTERNO

MEMBRO INTERNO

Belém - Pará

Dezembro – 2019


"ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Dilatação Térmica dos Sólidos para alunos do Ensino Médio".

ANDERSON ADAURO PAIVA CARNEIRO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

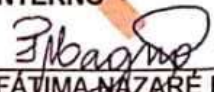
ORIENTADOR:


Prof. Dr. RUBENS SILVA
(MNPEF - ICEN - UFPA)

MEMBRO EXTERNO


Prof. Dr. JOSÉ ALEXANDRE DA SILVA VALENTE
(PPGECM - IEMCI - UFPA)

MEMBRO INTERNO


Profa. Dra. FÁTIMA NAZARÉ BARAÚNA MAGNO
(MNPEF- ICEN - UFPA)

Belém - PA
Dezembro - 2019

*Ao saudoso Esmerino
Ladislau Paiva, pai e avô
amado.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder saúde e sabedoria pra trilhar o árduo caminho que me trouxe até aqui.

A minha mãe Guilhermina Portugal Paiva, a minha tia Ana Paiva Quaresma, ao meu padrasto Fábio Costa Lima, ao meu Tio Altemes Pantoja Quaresma e aos meus irmãos Dayson Paiva, Amanda Paiva e Adriano Paiva por sempre me apoiarem na busca por esse objetivo.

Ao amigo Prof. Dr. Rubens Silva pela dedicação em minha orientação.

Aos alunos da turma M2MR01 da Escola Estadual Francisca Nogueira da Costa Ramos, localizada no município de Baião/PA, por aceitarem fazer parte deste frutuoso trabalho.

Aos colegas discentes por toda a troca e busca de conhecimentos nesses anos de curso.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Pará pelo compromisso com a qualidade de ensino ofertado.

Agradeço o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a SBF e ao MNPEF pelo apoio durante o curso.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1) LISTA DE SIGLAS

SEI – Sequência de Ensino por Investigação

DI – Demonstrações investigativas

2) LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disposição regular dos átomos. Fonte: https://lusoacademia.org/2015/11/20/1-3-expansao-termica/	24
Figura 2: Esquema representando a dilatação de uma barra. Fonte: Arquivos do autor.	25
Figura 3: A tampa da garrafa sofre dilatação térmica ao ser aquecida debaixo da torneira. Fonte: OLHONAVAGA, 2018	31
Figura 4: A porca do parafuso se dilatando ao ser exposta ao calor da chama da vela. Fonte: http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf	31
Figura 5: Trilhos de trem sofrendo dilatação devido a longa exposição aos raios solares.Fonte: http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf	32
Figura 6: Montagem final do experimento “Dilatador linear de baixo custo”. Fonte: Arquivos do autor.	33
Figura 7: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED e fonte de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 01. Fonte: Arquivos do autor.	35
Figura 8: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento do circuito elétrico. Fonte: Arquivos do autor.	36
Figura 9: Objetos que serão usados como suporte da solução do problema experimental. Fonte: Arquivos do autor.....	36
Figura 10: Alunos e professor discutindo sobre o experimento e os materiais dispostos sobre a mesa. Fonte: Arquivo do autor.	37
Figura 11: Folha de papel A4 demonstrando que a barra de alumínio não é suficientemente grande para fechar o circuito elétrico. Fonte: Arquivos do Autor.	39
Figura 12a: Fonte de calor colocada abaixo da barra de alumínio. Fonte: Arquivos do Autor.....	39

Figura 13: Dilatador linear duplo de baixo custo. Fonte: Arquivos do autor.	44
Figura 14: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED's e fontes de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 02. Fonte: Arquivos do autor.	46
Figura 15: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento dos circuitos elétricos. Fonte: Arquivo do autor.	47
Figura 16: Alunos e professor discutindo sobre o experimento e os materiais dispostos sobre a mesa. Fonte: Arquivo do autor.	48
Figura 17: Realização do procedimento experimental sugerido pela aluna A5. Fonte: Arquivo do autor.	52
Figura 18a: Imagem mostrando o acionamento do circuito 01. Fonte: Arquivo do autor.	52
Figura 19: Realização do procedimento experimental sugerido pela aluna A9. Fonte: Arquivo do autor.	53
Figura 20: Fonte de calor menor colocada abaixo da barra no experimento 01. Fonte: Arquivo do autor.	55
Figura 21: Fonte de calor maior colocada abaixo da barra no experimento 01. Fonte: Arquivo do autor.	55
Figura 22: As duas fontes de calor, maior e menor, colocada ao mesmo tempo abaixo da barra no experimento 01. Fonte: Arquivo do autor.	56
Figura 23: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	62
Figura 24: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	62
Figura 25: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	63
Figura 26: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	64
Figura 27: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	65
Figura 28: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.	65

3) LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de dilatação linear. Fonte: https://docente.ifrn.edu.br/edsonjose/disciplinas/fisica-ii-licenciatura-em-quimica-1/tabela-coeficiente-de-dilatacao-linear-de-alguns-materiais/image_view_fullscreen	26
--	----

4) LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 1. Fonte: arquivos do autor.....	60
Gráfico 2: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 2. Fonte: arquivos do autor.....	60
Gráfico 3: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 3. Fonte: arquivos do autor.....	61
Gráfico 4: Desempenho dos alunos na questão 1 do teste. Fonte: arquivos do autor.	66
Gráfico 5: Desempenho dos alunos na questão 2 do teste. Fonte: arquivos do autor.	67
Gráfico 6: Desempenho dos alunos na questão 3 do teste. Fonte: arquivos do autor.	67
Gráfico 7: Desempenho dos alunos na questão 4 do teste. Fonte: arquivos do autor.	68
Gráfico 8: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor. ..	69
Gráfico 9: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor. ..	70
Gráfico 10: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor.	70
Gráfico 11: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor.	71
Gráfico 12: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor.	71
Gráfico 13: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor.	72
Gráfico 14: Dados da análise de aceitação da SEI. Fonte: arquivos do autor.	72

RESUMO

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Estudo de Dilatação Térmica na Educação Básica

ANDERSON ADAUTO PAIVA CARNEIRO

Orientador:

Prof. Dr. RUBENS SILVA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA), do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Os estudiosos tem se preocupado muito com formas diversas de se ensinar Física na educação básica. Novas tendências pedagógicas são aplicadas no sentido de busca por motivações que prendam a atenção do discente e corrobore com a satisfação do docente. O objetivo geral deste trabalho é criar condições favoráveis ao desenvolvimento intelectual do discente levando a um processo de alfabetização científica, despertando sua curiosidade e sua motivação pelo estudo aplicado, conseqüentemente absorvendo melhor o conhecimento científico de ensino e aprendizagem. Justifica-se a ação deste trabalho pela forma criativa de explorar o senso crítico do discente ou seu conhecimento prévio acerca da situação problema apresentada, dando-os a oportunidade de descobrirem seus potenciais intelectos extraídos dentro de uma lógica científica. A metodologia utilizada parte de uma SEI que deve ser aplicada num processo experimental sobre a Dilatação Térmica dos Sólidos e que diante do aparato o discente tenha a habilidade de descobrir sua montagem experimental bem como buscar respostas para questionamentos previamente levantados. Como aporte teórico este trabalho utilizou-se das ideias de PIAGET e VYGOTSKY, produzindo uma interação social através de grupos organizados, buscando conhecimentos prévios dos mesmos. Os resultados foram muito positivos tanto na motivação quando nos conhecimentos obtidos refletidos nos questionários avaliativos. Tratamos nas considerações finais do fechamento do produto educacional aqui desenvolvido que abre espaços para novas SEIs com outros assuntos a serem explorados.

PALAVRAS CHAVES: Ensino de física, Ensino por Investigação, Dilatação Térmica.

Belém-Pará
Dezembro-2019

ABSTRACT

**RESEARCH TEACHING: A Proposal for the Study of Thermal Dilatation in
Basic Education**

ANDERSON ADAUTO PAIVA CARNEIRO

Advisor:

Prof. Dr. RUBENS SILVA

Master's dissertation submitted to the Graduate Program of the Federal University of Pará (UFPA), of the National Professional Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the necessary requirements to obtain the title of Master in Physics Teaching.

Researchers have been very concerned about different ways of teaching physics in basic education. New pedagogical trends are applied in the search for motivations that hold the student's attention and corroborate the satisfaction of the teacher. The general objective of this work is to create favorable conditions for the intellectual development of the student leading to a process of scientific literacy, arousing their curiosity and motivation for the applied study, consequently better absorbing the scientific knowledge of teaching and learning. The action of this work is justified by the creative way to explore the critical sense of the student or his background about the problem situation presented, giving them the opportunity to discover their potential intellects extracted within a scientific logic. The methodology used is part of a SEI that should be applied in an experimental process on Thermal Expansion and that, in the face of the apparatus, the student has the ability to discover its experimental setup as well as seek answers to previously raised questions. As theoretical contribution, this work used the ideas of PIAGET and VIGOTSKY, producing a social interaction through organized groups, seeking previous knowledge of them. The results were very positive both in motivation and knowledge obtained reflected in the evaluation questionnaires. We deal with the closing considerations of the educational product developed here that opens spaces for new SEIs with other subjects to be explored.

KEY WORDS: Physics teaching, Research Teaching, Thermal Dilatation.

Belem-Pará
December 2019

Sumário

1.	Introdução	14
2.	A construção do conhecimento segundo as teorias de Piaget e Vygotsky	16
3.	Organização da Sequência de Ensino por Investigação – SEI	19
3.1	O problema	20
3.2	O problema experimental	20
3.2.1	Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor.....	21
3.2.2	Etapa de resolução do problema pelos alunos	21
3.2.3	Etapa de sistematização do conhecimento pelos alunos	21
3.2.4	Etapa de escrever e desenhar	22
3.3	Demonstrações Investigativas DI	22
3.4	Avaliado uma SEI.....	23
4.	Dilatação Térmica dos Sólidos.....	24
4.1	Dilatação Linear (ΔL)	25
4.2	Dilatação Superficial (ΔA)	26
4.3	Dilatação Volumétrica (ΔV)	27
5.	O produto educacional e sua aplicação	29
5.1	Avaliação Diagnóstica	30
5.2	Demonstração investigativa 01	32
5.2.1	Aplicação da Demonstração investigativa – Exp. 01	35
5.3	Demonstração investigativa 02	43
5.3.1	Aplicação da Demonstração Investigativa – Exp. 02.....	46
5.4	Aula Teórica	56
5.5	Teste propostos aos alunos com questões de vestibulares	57
6.	Análise dos Resultados.....	59
6.1	Análise da avaliação diagnóstica.	59
6.2	Análise da Aplicação da Demonstração Investigativa – EXP. 01	61

6.3	Análise da Aplicação da Demonstração Investigativa – EXP. 02.....	63
6.4	Análise da aula teórica e do teste com questões de vestibulares	66
6.5	Análise de aceitação da SEI	68
	Considerações Finais	74
	Referências Bibliográficas	76
	Apêndice A – Roteiro de construção do experimento 01	78
	Apêndice B - Roteiro de construção do experimento 02	83
	Apêndice C: Avaliação diagnóstica e Questões de vestibulares	88
	Apêndice D – Produto Educacional	91

1. Introdução

A Física é definida como o ramo da ciência que estuda os fenômenos naturais que ocorrem em nosso universo, e daí vem a importância de ser abordada nas séries da educação básica. No entanto, o processo de ensino e aprendizagem em Física não é de fácil planejamento e aplicação, já que a maioria dos conhecimentos é apresentado de forma abstrata e expositiva pelo professor sem motivar o aluno na busca pelo conhecimento. Alguns fatores como, infraestrutura ruim nas escolas; falta de formação continuada dos professores que influenciam na sua desmotivação torna esse processo ainda mais difícil.

Novas metodologias de ensino vêm sendo aplicadas na educação básica e superior visando a mudança desse cenário pouco eficiente de ensino. Uma metodologia que está apresentando bons resultados são as Sequências de Ensino por Investigação - SEI- (CARVALHO, 2016). Uma SEI tem como objetivo principal tornar o aluno um agente ativo no processo pela busca do seu próprio conhecimento, tendo o professor não como único detentor do conhecimento, mas sim como mediador nesse processo.

Com o objetivo de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem em Física, este trabalho destaca um produto educacional que traz uma proposta para o ensino de Dilatação Térmica dos Sólidos baseada em uma SEI que foi aplicada para alunos do 2º ano do ensino médio da escola Estadual Francisca Nogueira da Costa Ramos, localizada na cidade de Baião/ Pa.

Para melhor entendimento da proposta enfatizada neste trabalho e para melhor distribuição didática os capítulos foram divididos da seguinte forma:

No **capítulo 2**, comentamos a importância das teorias piagetianas e vigotskytianas que mostram como novos conhecimentos são adquiridos pelos indivíduos através de interações sócias e culturas assim como também pelos conhecimentos prévios de acerca de um fenômeno que será estudado. A importância da atividade experimental também é exposta. O **capítulo 3**, mostra como todas as etapas de uma SEI devem serem planejada com base em Carvalho (2016).

No **capítulo 4**, é feita a abordagem teórica do tópico de dilatação térmica dos sólidos. No **capítulo 5** o produto educacional é descrito de forma resumida. No **capítulo 6**, são relatadas todas as etapas da aplicação da SEI em sala de aula. No **capítulo 7**, é feita uma análise de todas as etapas da Sequência de Ensino por investigação e do produto educacional com o objetivo de verificar a aceitação do trabalho por parte dos alunos e também dos pontos que merecem um melhor planejamento.

2. A construção do conhecimento segundo as teorias de Piaget e Vygotsky

Durante muitos anos o conhecimento foi transmitido para o aluno pelo professor de maneira direta, os alunos replicavam conceitos e decoravam os nomes de cientistas de maneira quantitativa.

Com o aumento exponencial do conhecimento não era mais possível ensinar tudo a todos, então passou-se a valorizar um ensino mais resumido e qualitativo, ensino esse pautado em características individuais e sociais dos indivíduos. Esse novo modo de ensinar estava embasado nas teorias de epistemólogos e psicólogos. Segundo Carvalho (2006, p.1):

Muitos fatores e campos do saber influenciaram a escola de maneira geral e o ensino, em particular; no entanto, entre os trabalhos que mais influenciaram o cotidiano das salas de aula estão as investigações e as teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalhavam, como ainda os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotsky e seus seguidores. Esses autores mostraram, com pontos de vista diferentes, como crianças e os jovens constroem seus conhecimentos.

Ao realizar entrevistas com crianças e adolescentes Piaget buscava entender como a construção do conhecimento, principalmente científico, se consolidava (Piaget, 1974 a, b). Nas entrevistas ficou claro a importância de um problema para o início da construção do conhecimento, isso quebra o sistema de aulas expositivas, onde o professor é o centro e coloca o aluno com um agente ativo no processo de ensino ao proporcionar a oportunidade de o aluno raciocinar e construir seu próprio conhecimento.

Para explicar os mecanismos de construção do conhecimento Piaget ainda propõe os conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. É importante destacar que esses conceitos são relacionados ao entendimento de que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior Carvalho (2016).

O conhecimento prévio do aluno ou o conhecimento científico em desenvolvimento pode ser caracterizado como a equilíbrio. A desequilíbrio pode ser associada ao momento em que o professor propõe um problema, a ser resolvido, relacionado ao cotidiano do aluno. Ao resolver o

problema, com base em antigos conhecimentos e, portanto, adquirindo novos, é que se caracteriza a reequilibração Carvalho (2016).

Na reequilibração, quando aplicada na educação escolar, duas condições são necessárias para a contribuição no processo de ensino aprendizagem: a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual e a importância da tomada de consciência de seus próprios atos (Piaget, 1978).

Para tornar real essa passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, proporcionando ao aluno a construção de um dado conceito, o planejamento de uma sequência de ensino tem que ser iniciado através de atividades manipulativas. Essas atividades podem incluir um experimento, um jogo ou um texto.

A outra situação importante, no processo de ensino aprendizagem, é a tomada de consciência de seus atos (atos dos alunos), pois, o professor precisa ter consciência que o aluno pode errar e aprender com o erro. Segundo Carvalho (2016, p. 03):

É nessa etapa da aula que o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto.

Todos os ensinamentos de Piaget aplicados à construção do conhecimento dos alunos são muito importantes. Mas na maioria das escolas as turmas são constituídas por um número grande de discentes, então também se faz necessário um estudo social de como o conhecimento é desenvolvido. O pioneiro da construção social do conhecimento é Vygotsky.

A contribuição de Vygotsky para o entendimento no processo de busca pelo conhecimento também se fundamenta em dois temas. O primeiro e mais fundamental, para o ensino de ciências, diz que “as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais”. O segundo foi verificar que os processos sociais e psicológicos se firmam através de ferramentas, artefatos culturais que fazem parte da interação entre os indivíduos e o mundo físico. Dentre os artefatos culturais, o desenvolvimento da linguagem em sala de aula tem fundamental importância na interação social e também age como

facilitador na interação entre alunos e alunos com o professor e, principalmente, como função transformadora na mente dos alunos (CARVALHO, 2016).

Segundo Cole (1985), outra teoria de Vygotsky que influenciou na escola foi o da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Para Vygotsky existem dois níveis de aprendizagem em que o aluno está inserido. O nível de aprendizagem potencial, onde se enquadra o aluno que já tem conhecimento prévio sobre uma situação problema proposta a ele, mas que precisa de um agente mais capaz, ou de se reunir com outros alunos para orientá-lo a chegar à solução dessa problemática proposta, e o nível de aprendizagem real onde se enquadra o aluno que está apto a resolver qualquer problemática proposta a ele sem ser necessária a intervenção de um agente mais capaz.

Com o objetivo de tirar o aluno do nível de aprendizagem potencial e inseri-lo no nível de aprendizagem real, Vygotsky propôs o conceito denominado Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD), onde este estabelece o a interação social do aluno com outros indivíduos mais capazes (alunos e professor) como agente causador de sua saída do nível de desenvolvimento potencial e sua inserção no nível de desenvolvimento real. Segundo Carvalho (2016, p.5):

O desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender, mas ainda não completou o processo, porém tem grande probabilidade para atingir com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (professor) ou um colega de classe.

Vale ressaltar a importância da interação cultural e social dos alunos. Indivíduos inseridos em grupos com mesmas capacidades cognitivas e aspectos culturais estão mais aptos a adquirir novos conhecimentos do que aqueles que estão dentro de grupos com capacidades cognitivas e traços culturais diferentes.

Diante do exposto fica evidenciado que novas tendências pedagógicas precisam ser acompanhadas de mudanças no planejamento tanto da escola, como do professor. As sequências de ensino por investigação (SEIS) embasadas nas teorias de Vygotsky e Piaget são bons exemplos de novas

tendências pedagógicas que mostram efetividade na melhoria do processo de ensino aprendizagem em sala de aula.

3. Organização da Sequência de Ensino por Investigação – SEI

A SEI é uma proposta de ensino que tem como objetivo proporcionar, aos alunos, um ambiente, em sala de aula, investigativo que os introduzam no processo científico de busca pelo conhecimento. Esse processo é simplificado, cujo objetivo não é fazer com que os alunos pensem ou se comportem como cientistas, pois eles não têm maturidade e nem destreza para isso, e sim desenvolver progressivamente uma cultura científica proporcionando assim a sua alfabetização científica (Sasseron e Carvalho, 2008).

Os estudos piagetianos e vigostskianos são de fundamental importância na elaboração de uma SEI, os conhecimentos desenvolvidos por esses pesquisadores irão ajudar a gerar um ambiente satisfatório para os alunos conseguirem construir seus próprios conhecimentos.

A SEI é uma sequência de aulas sobre algum tópico do conteúdo escolar onde cada atividade é planejada de forma a gerar condições para que, através de conhecimentos prévios e interação entre os próprios alunos, entre alunos e professores, os mesmos possam adquirir novos conhecimentos.

Uma Sequência de Ensino por Investigação pode ter como início um problema que pode ser experimental ou teórico, esse problema tem que estar relacionado ao tópico do programa escolar e, principalmente, ao cotidiano do aluno. Faz-se necessária também a sistematização do conhecimento pelos alunos, essa sistematização pode ser feita através de textos. Uma outra forma de sistematizar o conhecimento é relacionar fenômeno discutido com o cotidiano do aluno, dessa forma o aluno pode verificar sua importância no contexto social.

3.1 O problema

Vários são os problemas que podem dar início a uma atividade investigativa, o problema experimental possivelmente é o mais envolvente para os alunos. Outros problemas podem ser propostos através de recortes de jornais e revistas ou charges, esses são denominados de problemas não experimentais. Independentemente de ser experimental ou não, o problema deve seguir etapas em sua elaboração que possibilitem ao aluno o levantamento e o teste de hipóteses, caracterizando assim a passagem da ação manipulativa para a intelectual.

Quando os materiais que darão suporte à solução do problema oferecerem riscos à saúde de quem os manipulam, o manuseio não poderá ser feito diretamente pelos alunos. O professor irá conduzir a demonstração do aparato experimental, tal problema será chamado de demonstração investigativa.

3.2 O problema experimental

Para que os alunos não fiquem perdidos durante a busca por soluções para o problema, o material usado como aparato deve ser bem organizado de forma a despertar o interesse deles pela busca da solução. Esse material também deve possibilitar a variação de parâmetros, diversificando assim suas ações, aguçando seu sentido crítico ao observar as consequências derivadas dessas ações.

O problema tem que estar de acordo com os referenciais teóricos: estar contido no contexto social dos alunos e possibilitar que eles usem conhecimentos anteriores. Dessa forma, o problema se torna envolvente e provoca interesse na busca pela sua solução.

A seguir vão ser explicadas detalhadamente as etapas que devem ser seguidas para possibilitar que os alunos tenham êxito na elaboração e teste de suas hipóteses.

3.2.1 Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor

Nessa primeira etapa, o professor divide a turma em pequenos grupos (quatro ou cinco pessoas), deixando os alunos seguirem suas preferências. Em seguida distribui o material experimental, propõe o problema e se certifica que todos os grupos o entenderam de forma clara. O professor tem que tomar o cuidado de não mostrar como manipular o material experimental e nem de como resolver o problema, caso contrário poderá eliminar qualquer possibilidade do aluno pensar.

3.2.2 Etapa de resolução do problema pelos alunos

Nessa etapa o importante são as ações manipulativas tomadas pelos alunos que possibilitam a eles gerarem hipóteses para a solução do problema, caracterizando a passagem da ação manipulativa para a intelectual, é o início de uma atitude científica.

As hipóteses testadas que não deram certo também são importantes na construção do conhecimento, pois a partir do erro os alunos têm certeza do que não é certo, eliminando as variáveis que não interferem na solução do problema (Carvalho, 2016).

É importante que o professor não fique por perto dos grupos durante essa etapa de solução do problema, os alunos podem se sentir acuados com a presença dele. Além disso, a elaboração de hipóteses se torna mais fácil entre indivíduos com capacidades cognitivas semelhantes e também com indivíduos que compartilham afetividade.

3.2.3 Etapa de sistematização do conhecimento pelos alunos

Ao se certificar que todos os grupos já elaboraram suas hipóteses, o professor deve recolher o material experimental, para evitar distrações, e organizar a turma de tal forma que um aluno tenha boa visão em relação ao outro, colocar os alunos em um círculo é o ideal.

O professor agora deve ter domínio sobre a classe de tal forma que possa proporcionar espaço e tempo para que os alunos façam uma sistematização coletiva do conhecimento. Isso ocorre quando um aluno relata o procedimento

que adotou para gerar soluções ao problema, ele acaba colaborando com a construção do conhecimento de toda turma.

O papel do professor é o de instigar o senso crítico dos alunos com relação a suas próprias ações. Perguntas como do tipo “Como vocês conseguiram resolver o problema?” levam os alunos a terem consciência de suas próprias ações, caracterizando mais uma vez a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, levando ao início do desenvolvimento de atitudes científicas que abrange toda a classe.

3.2.4 Etapa de escrever e desenhar

Até o momento foi feita apenas uma forma coletiva de sistematização do conhecimento, caracterizando uma aprendizagem social já que os alunos discutiram em grupo as soluções para o problema. Porém, também se faz necessário uma sistematização individual desse conhecimento.

Pedir que os alunos escrevam e desenhem sobre os procedimentos adotados durante as tentativas de solução do problema é uma excelente forma de sistematização individual, já que a escrita se apresenta uma importante ferramenta na construção do conhecimento individual (OLIVEIRA E CARVALHO, 2005).

3.3 Demonstrações Investigativas DI

De acordo com Carvalho 2016, as demonstrações investigativas são os problemas experimentais em que o aluno não pode manipular diretamente o aparato experimental, pois oferece riscos à saúde quando manipulado. Experimentos que envolvam fogo ou ácidos são exemplos. Nesse caso o um indivíduo mais capaz - o professor - deve realizar o procedimento experimental orientado pelas hipóteses geradas pelos grupos de alunos.

As etapas a serem seguidas em uma SEI na forma de DI são as mesmas seguidas na aplicação do problema experimental: *etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema experimental pelo professor; etapa de resolução do problema pelos alunos e etapa de escrever e desenhar.*

3.4 Avaliado uma SEI

A avaliação de alunos que participam da aplicação de uma SEI não pode ser a mesma que se aplica ao ensino mecanicista, onde o foco é ser somativa com o objetivo de passar o aluno de série. Em uma SEI, a avaliação deve ser executada ao final de cada atividade.

Essa avaliação pode ser atitudinal ao observar as atitudes de cada integrante dos grupos quando deparados com o problema a ser resolvido, também pode ser procedimental ao observar os procedimentos que os alunos seguem para solucionar o problema. Outra forma de avaliação é referente ao comportamento social dos alunos, observar se eles estão ajudando um ao outro com a elaboração das hipóteses.

A atividade de sistematização individual do conhecimento - etapa de escrever e desenhar – também pode ser usada como atividade de avaliação da SEI. Ao escrever e desenhar, os alunos demonstram os passos que seguiram para achar a solução do problema, dessa forma se pode fazer uma avaliação qualitativa com relação a organização do texto.

4. Dilatação Térmica dos Sólidos

Você sabia que é possível usar água quente para retirar a tampa de metal de um recipiente de vidro quando a mesma está enroscada e com dificuldade de ser retirada? Você já deve ter observado elongações maiores nos fios da concessionária de energia durante o dia em relação à noite. Ou pode ter observados fendas – espaçamentos – entre as placas que constituem uma ponte. A relação entre essas três situações converge para uma única explicação: o efeito da dilatação térmica dos sólidos.

Ao aumentarmos a temperatura de um sólido, como consequência, ele tem suas dimensões aumentadas ou então pode sofrer uma mudança de estado físico. Vamos considerar aqui apenas as variações em suas dimensões.

Toda a configuração da estrutura molecular de um sólido baseia-se nos estados de agregação de suas moléculas e de seu comportamento vibracional. Forças de natureza elétrica são responsáveis por manterem os átomos dos sólidos ligados em uma disposição regular. Podemos entender essa disposição regular como sendo um colchão de molas (ver Figura 01). Essas “molas” são bastantes duras, existindo em cada centímetro cúbico aproximadamente 10^{22} delas, com amplitude de 10^{-19} cm e frequência de 10^{13} Hz (Resnick e Halliday, 1984, p.175)

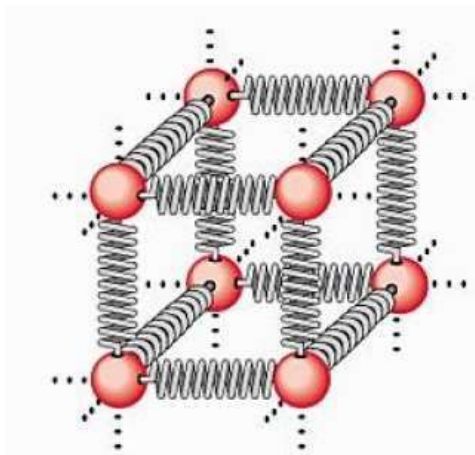


Figura 1: Disposição regular dos átomos. **Fonte:** <https://lusoacademia.org/2015/11/20/1-3-expansao-termica/>.

Quando a temperatura de um sólido é elevada, a distância média entre os átomos sofre um aumento e isso tem como consequência uma dilatação no corpo. O contrário também é verdadeiro, quando a temperatura de um sólido é

diminuída, a distância média entre suas moléculas também diminui, caracterizando assim uma contração térmica. Quando se considera a dilatação em uma dimensão de um sólido, sendo no comprimento, altura ou espessura, é comumente chamada de *Dilatação Linear*. Caso ocorra em duas dimensões, a dilatação é denominada de *Dilatação Superficial*, e para três dimensões, a dilatação é do tipo Volumétrica.

Desta maneira para efeito didático faremos um breve estudo sobre cada uma delas, com os enfoques teóricos e análise matemática de cada elemento influente no contexto deste trabalho.

4.1 Dilatação Linear (ΔL)

Uma barra de determinado metal à temperatura inicial θ_0 possui comprimento inicial L_0 . Quando a barra é submetida a uma temperatura θ , sendo por exemplo ($\theta > \theta_0$), a barra sofre um aumento ΔL em seu tamanho passando a ter um novo comprimento L (ver Figura 02).

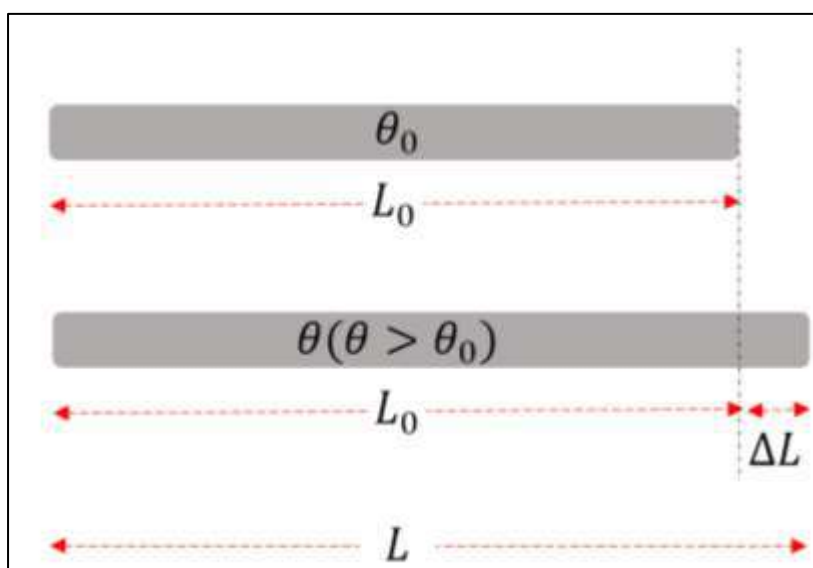


Figura 2: Esquema representando a dilatação de uma barra. **Fonte:** Arquivos do autor.

Experimentalmente verificou-se que a dilatação linear de uma barra é proporcional ao seu comprimento inicial L_0 , a variação de temperatura sofrida por ela $\Delta\theta$ e ao coeficiente de dilatação linear do material. Logo:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \quad (1)$$

Como $\Delta\theta$ é a variação de temperatura, podemos reescrever a equação 01 da seguinte forma:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot (\theta - \theta_0) \quad (2)$$

O comprimento final da barra é dado por:

$$L = L_0 + \Delta L \quad (3)$$

O coeficiente de dilatação linear α é uma propriedade do material que constitui a barra, logo α tem valores diferentes para materiais diferentes. Partindo da equação 01, obtemos uma expressão para o coeficiente de dilatação linear:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta\theta} \quad (4)$$

A tabela 01 mostra os valores do coeficiente de dilatação linear de alguns materiais expressos nas escalas Celsius e Kelvin.

Coeficientes de dilatação linear	
Material	α [K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$]
Alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
Latão	$2,0 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Vidro	$0,4-0,9 \times 10^{-5}$
Invar (liga de ferro-níquel)	$0,09 \times 10^{-5}$
Quartzo (fundido)	$0,04 \times 10^{-5}$
Aço	$1,2 \times 10^{-5}$

Tabela 1: Coeficientes de dilatação linear. **Fonte:**

https://docente.ifrn.edu.br/edsonjose/disciplinas/fisica-ii-licenciatura-em-quimica-1/tabela-coeficiente-de-dilatacao-linear-de-alguns-materiais/image_view_fullscreen

4.2 Dilatação Superficial (ΔA)

Na maioria dos sólidos, quando submetidos a uma variação de temperatura, a variação no comprimento é igual para todas as outras dimensões, esses sólidos são chamados de isotrópicos. Quando a variação se dá em duas dimensões, se caracteriza uma dilatação superficial.

Para um quadrado de lado L_0 , a área é dada por $A = L_0^2$ (5). Se esse sólido for aquecido, ocorrerá uma dilatação em sua área.

Ao tirar o diferencial nos dois lados da equação 5, teremos:

$$dA = 2L_0 \cdot dL \quad (6)$$

Fazendo as aproximações $\Delta A = dA$ e $\Delta L = dL$, teremos:

$$\Delta A = 2L_0 \cdot \Delta L \quad (7)$$

Substituindo (1) em (7):

$$\Delta A = 2L_0 \cdot L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \quad (8)$$

Reorganizando a equação 8, obtemos:

$$\Delta A = 2 \cdot \alpha \cdot L_0^2 \cdot \Delta\theta \quad (9)$$

Substituindo (5) em (9):

$$\Delta A = 2 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot \Delta\theta \quad (10)$$

Chamando:

$$\beta = 2 \cdot \alpha \quad (11)$$

Teremos:

$$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta\theta \quad (12)$$

A equação 12 é usada para calcular a dilatação de um sólido com área, mas também pode ser usada para calcular a dilatação na área de qualquer sólido. Como aqui se trata da dilatação em duas dimensões, foi definido β como coeficiente de dilatação superficial de um sólido, valendo o dobro do coeficiente de dilatação linear que representa a dilatação em apenas uma dimensão.

4.3 Dilatação Volumétrica (ΔV)

Quando a variação se dá nas três dimensões, se caracteriza uma dilatação Volumétricas.

Para um cubo de lado L_0 , o seu volume inicial é dado por $V_0 = L_0^3$ (13). Se esse sólido for aquecido, ocorrerá uma dilatação em seu volume.

Tirando o diferencial nos dois lados da equação 13, obtemos:

$$dV = 3 \cdot L_0^2 \cdot dL \quad (14)$$

Fazendo as aproximações $\Delta V = dv$ e $\Delta L = dL$, teremos:

$$\Delta V = 3 \cdot L_0^2 \cdot \Delta L \quad (15)$$

Substituindo (1) em (15):

$$\Delta A = 3 \cdot L_0 \cdot L_0^2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (16)$$

Reorganizando a equação 16, obtemos:

$$\Delta A = 3 \cdot \alpha \cdot L_0^3 \cdot \Delta \theta \quad (17)$$

Substituindo (13) em (17):

$$\Delta A = 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta \theta \quad (18)$$

Chamando:

$$\gamma = 3 \cdot \alpha \quad (19)$$

Teremos:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \theta \quad (20)$$

A equação 20 é usada para calcular a dilatação de um cubo com volume, mas também pode ser usada para calcular a dilatação no volume de qualquer sólido. Como aqui se trata da dilatação em três dimensões, foi definido γ como coeficiente de dilatação volumétrico de um sólido, valendo o triplo do coeficiente de dilatação linear que representa a dilatação em apenas uma dimensão.

5. O produto educacional e sua aplicação

Ao lecionar a disciplina de física, os professores se deparam, principalmente na educação básica, com alguns obstáculos que tornam esse processo de ensino pouco atrativo aos discentes, contribuindo assim para um processo de ensino ineficiente. O alto nível abstracionista, presente em quase todos os tópicos do conteúdo programático da educação básica, é uma das barreiras que devem ser contornadas buscando a retirada do ensino de física do atual cenário em que se encontra e inserindo-o em outro mais eficiente.

Portanto, este trabalho traz como proposta um Produto Educacional baseado em uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) na forma de Demonstração Investigativa (DI), elaborado com a finalidade de tornar mais fácil e atrativo o processo de ensino e aprendizagem na disciplina de física, mais especificamente no tópico de dilatação dos sólidos. Para alcançar melhores resultados, a SEI foi elaborada em conformidade com as teorias de Vygotsky e Piaget, que mostram como o conhecimento é adquirido pelos indivíduos levando em consideração seus aspectos culturais e sociais.

Como já mencionado anteriormente, levar em consideração os conhecimentos já adquiridos pelos discentes é um dos requisitos estabelecidos para a construção e aplicação de uma SEI. Logo, a primeira etapa desse produto educacional consiste em perguntas baseadas na leitura de charges, com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos educandos acerca do tópico de física abordado, facilitando assim a aplicação e adaptação das demais etapas do produto. Essa etapa do trabalho pode ser realizada em uma aula de 45 minutos.

As duas próximas etapas (Demonstração investigativa 01 e Demonstração investigativa 02) têm o objetivo específico de gerar condições para que os próprios alunos construam o conceito de Dilatação Térmica de um Sólido e os principais fatores que nela influenciam. Nessa etapa do produto, problemas experimentais são propostos dando oportunidade aos discentes de observarem o fenômeno experimental, levantarem hipóteses para a explicação

do fenômeno observado e buscarem formas para testarem as hipóteses por eles geradas, a fim de chegarem a uma solução para os problemas propostos.

É importante que nessas duas etapas os alunos tenham a liberdade de se dividirem em grupos pequenos seguindo suas afetividades. Outro ponto importante dessa etapa é a oportunidade de aproximar os discentes dos processos científicos que os cientistas utilizam em suas pesquisas para estudar fenômenos da natureza e de proporcionar uma melhor interação social e cultural entre os alunos. Cada demonstração investigativa pode ser aplicada em três aulas seguidas com duração de 45 minutos cada.

As demonstrações investigativas não serão suficientes para abrangerem todos os conteúdos relacionados à Dilatação dos Sólidos, por isso se faz necessária a elaboração de uma aula teórica com o objetivo de finalizar os conteúdos do referido tópico, essa é mais uma etapa do produto educacional.

Com o objetivo de verificar como o conteúdo de física ministrado foi apreendido pelos alunos, um teste com questões de vestibulares pode ser aplicado, compondo mais uma etapa do produto educacional. Essas duas etapas podem ser aplicadas cada uma em duas aulas.

A seguir é feita uma descrição de todas as etapas do produto e sua aplicação realizada com alunos da rede estadual, a fim de tornar mais fácil a reprodução deste produto educacional pelos demais colegas docentes.

O produto educacional foi idealizado para ser desenvolvido em 5 etapas totalizando 11 aulas, com 45 minutos cada, e foi aplicado com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola de Ensino Médio da rede Estadual, localizada na cidade de Baião/ Pa. A seguir é feita uma descrição detalhada das 5 etapas de aplicação do produto que é baseado em uma SEI em forma de DI: *avaliação diagnóstica; demonstração investigativa 01; demonstração investigativa 02; aula teórica e teste usando questões de vestibulares.*

5.1 Avaliação Diagnóstica

A avaliação diagnóstica consiste em uma ação realizada no início do processo de aprendizagem com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios, competências e habilidades de cada aluno, além de prever futuras dificuldades acerca do conteúdo que será ministrado em sala de aula

(GAVASSI, 2012). Desta forma, é possível planejar as etapas do processo de ensino e aprendizagem que serão executadas ao longo da SEI e também adequar os alunos em grupos ou níveis de aprendizagem.

Escolheu-se realizar esta diagnose através de questionamentos e charges ilustrativas que pudessem despertar o interesse dos alunos e conduzi-los ao tema “Dilatação Térmica”. Abaixo segue alguns exemplos das charges e as perguntas que foram realizadas com base no entendimento das figuras.



Figura 3: A tampa da garrafa sofre dilatação térmica ao ser aquecida debaixo da torneira. **Fonte:** OLHONAVAGA, 2018

Explique por que a moça consegue abrir a garrafa com tanta facilidade.



Figura 4: A porca do parafuso se dilatando ao ser exposta ao calor da chama da vela. **Fonte:** <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

Por que razão o homem consegue retirar o parafuso que estava apertado?



Figura 5: Trilhos de trem sofrendo dilatação devido a longa exposição aos raios solares.

Fonte: <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

O que você acha que causou a deformação nos trilhos do trem?

Para realizar a avaliação diagnóstica a turma foi dividida em grupos de até no máximo cinco (05) integrantes. Desta forma, os alunos puderam trocar ideias e respostas a respeito das perguntas e charges que foram disponíveis. A resposta final de cada grupo foi entregue ao professor, que em seguida fez a coleta de dados e realizou o planejamento sobre as intervenções que devem ser feitas para proporcionar aos alunos meios para que eles atinjam novos patamares acerca do conhecimento de dilatação (GAVASSI, 2012).

5.2 Demonstração investigativa 01

Nessa fase do trabalho, o objetivo foi gerar condições para que os alunos pudessem verificar a dilatação linear de um sólido e os principais fatores que nela influenciam. Para tal, foi montada uma Sequência de Ensino Por Investigação (SEI), baseada em dois experimentos.

A SEI foi idealizada na forma de Demonstração Investigativa (DI) em virtude de serem usados, nos experimentos, materiais inflamáveis que apresentam riscos à saúde de quem os manipulam. Os alunos foram divididos em pequenos grupos de 04 (quatro) ou 5 (cinco) pessoas levando em

considerações suas preferências. A DI foi dividida em 02 (dois) problemas principais.

O problema experimental 01

Para o primeiro problema usamos os materiais listados abaixo e também o experimento 01 (ver roteiro de construção do experimento 01 no Apêndice A): Dilatador linear de baixo custo (ver Figura 06).

- Barra de alumínio;
- Álcool em gel;
- Isqueiro;
- Fogareiro.



Figura 6: Montagem final do experimento “Dilatador linear de baixo custo”. **Fonte:** Arquivos do autor.

A situação problema, que dá início às atividades é:

“Como devo fazer pra fechar o circuito elétrico do experimento 01 usando apenas os materiais que estão sobre a mesa?”

Essa é a primeira etapa de uma SEI (*distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor*).

A partir do problema proposto, com base na leitura dos textos da avaliação diagnóstica e nos materiais dispostos na mesa, espera-se, que os alunos levantem algumas hipóteses para a solução do problema experimental. As mais prováveis são:

“...colocar a barra metálica sobre as hastes de madeira”

“...colocar a barra metálica sobre as hastes de madeira e colocar fogo debaixo da barra”

Outras frases devem surgir com outros traços linguísticos, porém contendo a mesma essência. Essa é a segunda etapa de uma SEI (*resolução do problema pelos alunos*).

Depois de levantadas e expostas às hipóteses de cada grupo, se faz necessária uma discussão, com toda a turma, orientada pelo professor, sobre cada uma delas. O ideal é que essa discussão seja feita em um círculo onde todos os alunos tenham visibilidade um em relação ao outro. O teste de cada uma das hipóteses deve ser feito, mostrando quais são válidas e quais não são. As hipóteses inválidas também têm papel importante em uma SEI, já que com o erro também se adquire conhecimento.

Ao testar a hipótese correta: “colocando a barra metálica sobre as hastes de madeira e colocar fogo debaixo da barra”, nota-se que a circuito elétrico é fechado fazendo com que o LED acenda.

Depois desse momento, o professor tem a oportunidade de explorar ainda mais o assunto com a seguinte pergunta:

‘Porque o circuito elétrico foi fechado quando colocamos a fonte de calor embaixo da barra?’

Algumas prováveis respostas são:

“...o calor conduziu eletricidade”

“...o aumento de temperatura conduziu eletricidade”

“...o aumento de temperatura fez com que aumentasse o comprimento da barra”

Quando discutidas todas as hipóteses levantadas pelos alunos, e com o intermédio do professor, espera-se que todos os alunos cheguem ao consenso de que o circuito elétrico fechou devido ao aumento na temperatura da barra, o que acarretou no aumento de suas dimensões, mais especificamente no seu comprimento, o que vai de acordo com a teoria cinética molecular da matéria,

já discutidas com os alunos nas primeiras aulas do curso de Termofísica. Essa é a terceira etapa de uma SEI (*sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos*).

Outra forma de sistematização é pedir que os alunos escrevam e desenhem sobre os conhecimentos adquiridos na aula. Dessa forma, o aluno passa a organizar as ideias de maneira individual, trata-se de uma sistematização individual do conhecimento. Essa é a última etapa de uma SEI (*etapa de escrever e desenhar*).

Outra atividade de sistematização pode ser iniciada com a simples pergunta: “no seu dia a dia, onde vocês podem observar o fenômeno da dilatação?”. Esse tipo de pergunta leva o aluno a relacionar os fenômenos observados na experimentação, com o seu próprio contexto social.

5.2.1 Aplicação da Demonstração investigativa – Exp. 01

Antes da proposição do problema experimental se fez necessário introduzir aos alunos o conceito básico de circuitos elétricos, já que alguns estão presentes nos experimentos que darão suporte à solução dos problemas propostos.

Ao apresentar aos alunos o experimento 01, mostra-se que o circuito elétrico nele contido, alimentado por pilhas, está aberto, não possibilitando a passagem de corrente elétrica, o que implica no não funcionamento do LED. O circuito está aberto uma vez que as placas situadas nas hastes maiores não estão em contato (Ver Figura 07).



Figura 7: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED e fonte de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 01. **Fonte:** Arquivos do autor.

Foi usado um fio condutor para colocar em contato indireto as duas placas, fechando assim o circuito e fazendo o LED funcionar, mostrando aos alunos o bom funcionamento do experimento (Ver Figura 08).

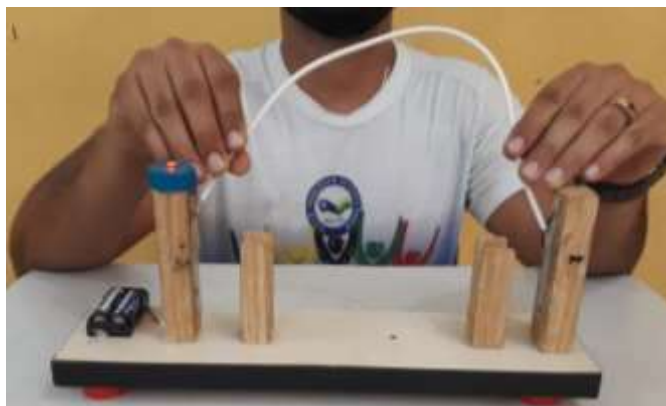


Figura 8: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do autor.

Devido ao risco que o experimento submeterá aquele que o manipula, foi dito aos alunos que eles não fariam a manipulação direta do mesmo, causando certa frustração, essa tarefa será do professor. Por fim, os alunos se dividiram em grupos pequenos e em seguida foi proposto o primeiro problema.

Proposição do problema:

“Como devo fazer pra fechar o circuito elétrico do experimento da Figura 06, usando apenas os materiais que estão sobre a mesa?”

Os materiais sobre a mesa são (Ver Figura 09):



Figura 9: Objetos que serão usados como suporte da solução do problema experimental. **Fonte:** Arquivos do autor.

Agora, com o problema proposto, os alunos tiveram um tempo para levantar as hipóteses para a solução do problema. Os grupos foram

convidados um a um para observar mais de perto o experimento e tirar alguma possível dúvida em relação a ele, ajudando na elaboração das hipóteses (Ver Figura 10).



Figura 10: Alunos e professor discutindo sobre o experimento e os materiais dispostos sobre a mesa. **Fonte:** Arquivo do autor.

Depois de todos os grupos terem levantados suas hipóteses, eles foram desfeitos e os alunos organizaram-se em forma de círculo. Dessa forma, todos os alunos teriam uma ampla visão, um em relação ao outro, facilitando a troca de ideias entre eles.

Quando perguntados como resolver o problema os alunos (sendo o aluno 1 – A1, aluno 2 – A2 etc.) responderam:

A1: Colocar o “ferrinho” aí.

Professor: Colocar o “ferrinho” onde?

A1: Nas hastes menores.

Professor: Como dito antes, esse “ferrinho” é uma barra de alumínio.

Professor: Quem concorda com o aluno A1?

Mais de uma dúzia de alunos levantaram a mão concordando com a hipótese proposta, dessa forma podemos supor que essa hipótese possivelmente é a de outros grupos também.

Professor: Então vamos depositar a barra de alumínio sobre as hastes menores.

A1: Professor, já é para acender o LED?

Professor: Sim!

A1: Então espere, coloque fogo no algodão.

A2: Professor, vamos testar primeiro colocando só a barra nas hastes menores porque essa é a nossa hipótese...

Professor: Certo!

A barra foi colocada sobre as hastes menores e observou-se que o LED não acendeu, logo, o circuito não foi fechado, o que não resolve o problema proposto.

Professor: Por que o circuito não fechou quando coloquei a barra metálica sobre as hastes menores?

A3: Não “tá” passando energia

Professor: Por que não está passando energia?

A1: A barra não é um bom condutor de energia.

Professor: Vocês concordam que o alumínio não é um bom condutor?

A4: Não! Os fios dos postes são de alumínio e eles conduzem energia.

Diante do exposto pelo aluno A4, a aluna A3 retirou sua justificativa.

Professor: Por que o circuito não fechou quando coloquei a barra metálica sobre as hastes menores?

A5: Por que o alumínio não alcança as duas placas.

Professor: Vocês concordam com ele?

Diversos alunos: Sim!

Para demonstrar que de fato a barra não é grande o suficiente pra ligar indiretamente as duas placas, uma folha de papel foi colocada entre uma das extremidades da barra e uma das placas situada na haste maior, mostrando que de fato existe uma diferença de tamanho entre o comprimento da barra e o espaçamento entre as placas (ver Figura 11).



Figura 11: Folha de papel A4 demonstrando que a barra de alumínio não é suficientemente grande para fechar o circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do Autor.

Professor: O que então eu tenho que fazer para fechar o circuito?

A2: Acrescentar calor.

Professor: Acrescentar calor? Como?

A3: Colocar o álcool em gel dentro do recipiente, “taca” fogo e colocar embaixo da barra.

O proposto pela aluna A3 foi executado. Ao colocar a fonte de calor debaixo da barra de alumínio observou-se que o circuito elétrico não fechou instantaneamente, provocando certa sensação de fracasso na turma (Ver Figura 12a). Mas ao se passarem alguns segundos, o LED acendeu o que mostra o fechamento do circuito (Ver Figura 12b), pegando os alunos de surpresa e provocando uma contagiante euforia em sala.



Figura 12a: Fonte de calor colocada abaixo da barra de alumínio. **Fonte:** Arquivos do Autor.



Figura 12b: Acionamento do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do Autor.

Professor: Fechamos o circuito?

Alunos: Sim!

Professor: O que eu tive que fazer para fechar o circuito elétrico do experimento?

A2: Aquecer a barra...

Professor: Por que o circuito elétrico fechou quando eu coloquei a fonte de calor debaixo da barra?

A6: Professor, o senhor pode tentar passar a folha de papel novamente?

Professor: Sim.

Ao realizar o pedido pela aluna A6 observou-se que a folha de papel não passava mais entre a extremidade da barra e a placa situada na haste maior.

Professor: Por que o circuito elétrico fechou quando eu coloquei a fonte de calor debaixo da barra?

A7: O fogo derreteu a barra e esticou ela...

Professor: Vocês concordam com o colega?

A8: Não! Derreter ela é mudar de estado físico e ela continua sendo sólida.

A2: Ela deformou!

Professor: O que deformou a barra?

A2: O fogo.

A9: Professor, é porque o calor dilata o metal. É igual àquela charge que o senhor passou mostrando como abrir uma tampa de um pote usando água quente.

Nesse momento, a aluna A9 conseguiu relacionar a atividade experimental com a primeira atividade da SEI (levantamento de conhecimentos prévios).

Professor: O que acontece com a tampa do pote quando colocamos ela em água quente?

A2: Aquece.

Professor: E por que quando a tampa aquece ela sai do pote com facilidade?

A2: Porque ela expande...

Aproveitando essa relação o professor pergunta mais uma vez:

Professor: Por que o circuito elétrico fechou quando eu coloquei a fonte de calor debaixo da barra?

A8: Porque ela se expande, tocando nas duas placas, fazendo a corrente passar...

Professor: Vocês concordam com a colega?

Diversos alunos: Sim!

Agora o professor faz a seguinte pergunta:

Como eu devo proceder para desligar o LED (abrir o circuito) sem ser necessário tirar a barra das hastes menores?

A8: Tirar o fogo debaixo da barra.

A fonte de calor foi retirada debaixo da barra e após alguns segundos o LED apagou, representando um circuito aberto.

Professor: Por que o LED apagou quando eu tirei a fonte de calor?

A6: Professor, o senhor pode colocar a folha entre a barra e a placa mais uma vez?

Professor: Sim!

O professor coloca mais uma vez a folha de papel onde a aluna pediu e observa-se que a folha passa com facilidade entre a extremidade da barra e a placa.

Professor: Como eu devo proceder para desligar o LED (abrir o circuito) sem ser necessário tirar a barra das hastes menores?

A8: Eu acho que ela aumenta pelo fato de ser aquecida, ela precisa ser aquecida para expandir e quando o fogo foi retirado do centro da barra ela vai aos poucos perdendo o aquecimento, então é quando ela fica fria e encolhe.

Professor: O que a colega falou faz sentido para vocês?

Diversos alunos: Faz!

A10: Professor, quando a barra é aquecida ela se expande e quando ela perde esse aquecimento ela contrai.

Os alunos conseguiram chegar ao conceito básico de dilatação e contração térmica. Se faz necessário que o professor use uma linguagem mais formal para expor os conceitos descobertos pelos alunos. Isso será feito de forma mais detalhada em outra fase da SEI (Aula teórica). O nome do experimento foi dito aos alunos.

Já próximo do final da atividade experimental, uma aluna pergunta:

A11: Professor, todo material vai expandir com o calor?

Professor: Ótima pergunta! Nem todos os materiais dilatarão com o aumento da temperatura. Essa pergunta sua será mais bem respondida em outra fase do nosso trabalho, tudo bem?

A11: Sim.

Agora o professor pede que os alunos expliquem o que acontecia nas charges usadas na primeira fase da SEI.

Professor: O que aconteceu com os trilhos do trem?

A12: Foi a mesma coisa, o trilho dilatou.

Professor: Por que o trilho dilatou?

A12: Por causa do Sol.

A1: Por conta do calor do Sol.

Professor: E como a porca saiu com facilidade do parafuso?

A3: Ela diminuiu...

A4: Se ela diminuir ela vai apertar mais. Ela expandiu.

Professor: Turma, vocês acham que a porca encolheu ou se expandiu?

Turma: expandiu.

A5: professor, é de acordo com os condutores, tipo quanto melhor o condutor, mais ele se expande?

Professor: Não necessariamente. Vamos deixar essa tua pergunta pra ser analisada na próxima fase da investigação. Beleza?

A5: Beleza!

A6: Vai ter outra investigação?

Professor: Sim!

Diversos alunos: Aeeeeeee....!

A pergunta do aluno A6 foi bastante interessante, mas ela não podia ser respondida naquele momento porque iria comprometer a próxima fase da atividade investigativa. Porém o aluno foi convencido a ter uma explicação para sua pergunta no próximo encontro.

Agora se faz necessário a relação do fenômeno descoberto pelos alunos com o seu próprio cotidiano. O objetivo aqui é mostrar a importância do estudo desse fenômeno. Para isso o professor fez a seguinte pergunta:

Vocês conseguem ver o fenômeno da dilatação no dia-a-dia de vocês?

Depois de alguns segundos:

A2: Eu tenho um exemplo em casa, na porta da sala. De dia o Sol bate na porta e ela não encaixa para fechar. De noite quando o Sol não está batendo nela, ela encaixa para fechar.

Professor: Muito bom exemplo. Durante o dia, a porta é aquecida pelo calor proveniente do Sol, provocando assim a dilatação da porta, não deixando ela se encaixar em seu “castilho”, dificultando o seu fechamento. Já durante a noite a temperatura da porta baixa, provocando uma contração, fazendo ela se encaixar no “castilho”, fechando-a facilmente.

Note que até agora nada foi falado sobre os tipos de dilatação. Classificá-las como linear, superficial ou volumétrica será objetivo durante a aula teórica.

Por fim, os alunos são convidados a fazer um relatório sobre tudo o que aprenderam na atividade experimental executada na aula, trata-se da sistematização individual do conhecimento.

5.3 Demonstração investigativa 02

O problema 02 tem como objetivo gerar condições aos alunos de verificarem os principais fatores que influenciam na dilatação de uma barra metálica. As etapas a serem seguidas são as mesmas do problema 01:

- 1. Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor;*
- 2. Etapa de resolução do problema pelos alunos;*
- 3. Etapa de sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos;*
- 4. Etapa de escrever e desenhar.*

Para o segundo problema vamos fazer uso do experimento 02 mostrado na Figura 13 (ver roteiro de construção do experimento 02 no Apêndice B), dos materiais já mencionados no problema 01 e também dos listados abaixo:

- Barra de alumínio de 224 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de alumínio de 227 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de cobre de 224 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de cobre de 227 mm x 9,0 mm Ø;
- Álcool em gel;
- Isqueiro;
- Fogareiro 1 de 4 cm x 5,7 cm Ø;
- Fogareiro 2 de 5 cm x 6,5 cm Ø.



Figura 13: Dilatador linear duplo de baixo custo. **Fonte:** Arquivos do autor.

O experimento 02 é bastante parecido com o experimento 01, a diferença é que no experimento 02 temos dois circuitos elétricos independentes um do outro que também serão fechados quando placas forem colocadas em contato indireto. Esses circuitos também estão inicialmente abertos já que as placas situadas nas hastes maiores não estão em contato, impossibilitando assim o caminho da corrente elétrica. O espaçamento entre as placas é mesmo nos dois circuitos elétricos e eles são alimentados por pilhas.

A situação problema que dá continuidade às atividades é:

“Quais os principais fatores que influenciam na dilatação da barra fazendo o circuito elétrico fechar?”

As hipóteses mais prováveis geradas pelos alunos são:

- “... os corpos com maior temperatura irão aumentar mais de tamanho”
- “... vai depender do material que constitui o corpo”
- “... os corpos maiores irão dilatar mais”

Cada hipótese levantada pelos alunos deve ser discutida entre os integrantes de seus respectivos grupos, bem como a estratégia que será utilizada para testá-las. O experimento possibilita que alguns parâmetros sejam variados, como, por exemplo, a intensidade da fonte de calor e barras de diferentes comprimentos e constituídas de diferentes materiais. As hipóteses de cada grupo serão testadas de forma experimental pelo professor.

Depois do teste de cada hipótese, espera-se que seja possível observar quais os parâmetros que irão influenciar na dilatação e quais não irão. Vale lembrar que o erro na elaboração de soluções para o problema também tem um papel importante nessa fase, já que com os erros os alunos também adquirem conhecimento.

Depois dessa etapa, se faz necessário a sistematização do conhecimento adquirido pelos alunos em cada grupo. Os grupos são desfeitos e é organizado um debate entre todos os alunos e o professor. Esse debate pode ter início com a seguinte pergunta: “O que nós fizemos para resolver esse problema?”.

Diante de tal pergunta, os alunos, ao relatarem o que fizeram, para comprovar as hipóteses que deram certo e as que deram erradas, passam da ação manipulativa para a ação intelectual.

Depois de expressos todos os relatos, deve ser feita a seguinte pergunta “Por que quando eu fiz essas ações o problema foi solucionado?”. Nesse momento, os alunos, mesmo que inconscientemente, estarão realizando uma argumentação científica ao buscar justificativas para o fenômeno observado.

Uma aula expositiva sobre a dilatação dos sólidos será ministrada à turma com o objetivo de relacionar os relatos e observações, feitas pelos alunos durante a experimentação, com o conteúdo ministrado pelo professor, o que também ajuda no processo de sistematização do conhecimento.

Até esse momento, foi realizada uma sistematização coletiva do conhecimento entre os alunos e o professor. Agora se faz necessária uma sistematização individual e essa é feita através da escrita. O professor pede

que cada aluno escreva e desenhe sobre o que aprenderam na aula. O diálogo e a escrita são atividades complementares, \ porém, essências na construção do conhecimento.

5.3.1 Aplicação da Demonstração Investigativa – Exp. 02

Antes da proposição do segundo principal problema da SEI, se faz necessário relembrar os procedimentos realizados no encontro passado (Aplicação do experimento 01) já que o novo problema experimental é uma complementação do problema 01.

Ao apresentar aos alunos o experimento 02, mostra-se que nele estão contidos dois circuitos elétricos que estão inicialmente abertos. Vamos chamar de circuito 01 aquele que contém o LED amarelo e circuito 02 o que contém o LED vermelho. Os circuitos estão abertos uma vez que as placas situadas nas hastes maiores não estão em contato. (Ver Figura 14).

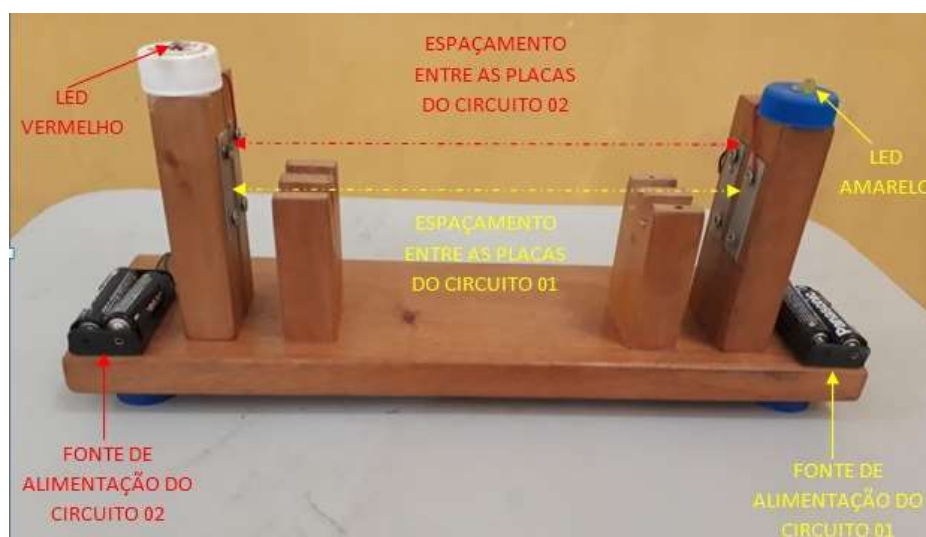
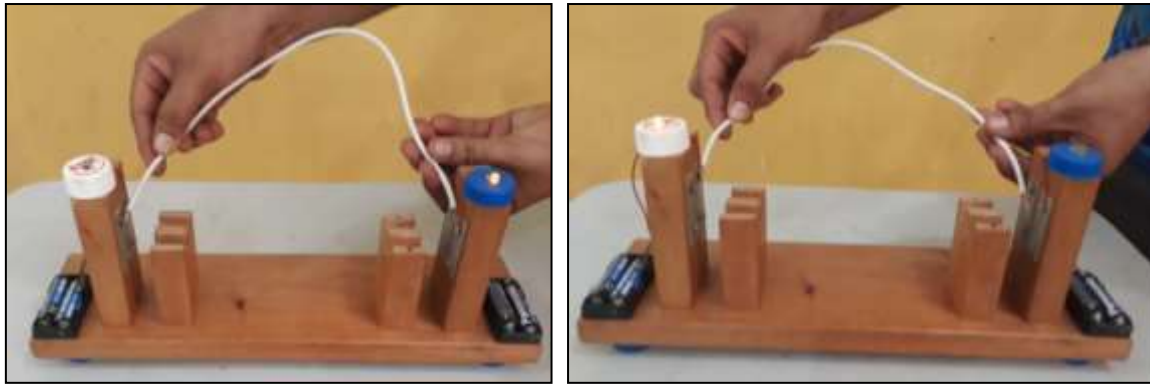


Figura 14: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED's e fontes de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 02. **Fonte:** Arquivos do autor.

Mais uma vez foi usado um fio condutor para colocar em contato indireto as duas placas de cada circuito, fechando-os assim e fazendo os LED's funcionarem, mostrando aos alunos o bom funcionamento do experimento (Ver Figura 15a e 15b).



15a

15b

Figura 15: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento dos circuitos elétricos. **Fonte:** Arquivo do autor.

O problema que dá continuidade à atividade investigativa é:

Quais os principais fatores que influenciam na dilatação da barra fazendo o circuito elétrico fechar?

Para a solução do problema, foram dispostas em uma mesa, os mesmos materiais usados no problema 01 assim como também os listados abaixo:

- Dilatador linear duplo de baixo custo (experimento 02);
- Barra de alumínio de 224 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de alumínio de 227 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de cobre de 224 mm x 9,0 mm Ø;
- Barra de cobre de 227 mm x 9,0 mm Ø;
- Álcool em gel;
- Isqueiro;
- Fogareiro 1 de 4 cm x 5,7 cm Ø;
- Fogareiro 2 de 5 cm x 6,5 cm Ø.

Agora, com o problema proposto, os alunos, mais uma vez, tiveram um tempo para levantar as hipóteses para a solução do problema. Os grupos foram convidados um a um para observar mais de perto o experimento e tirar possíveis dúvidas em relação a ele, ajudando na elaboração das hipóteses (Ver Figura 16).



Figura 16: Alunos e professor discutindo sobre o experimento e os materiais dispostos sobre a mesa. **Fonte:** Arquivo do autor.

Quando perguntados como resolver o problema os alunos responderam:

A1: A gente quer saber se essa dilatação tem um limite. Tipo, queremos saber se a barra menor vai dilata o suficiente para fechar o circuito.

Professor: então vocês acham que o tamanho da barra vai influência no fechamento do circuito e que essa dilatação tem um limite?

A1: Sim!

Professor: Ok! Vamos lá, mais uma hipótese?

A2: As duas barras (cobre e alumínio) vão precisar da fonte de calor para dilatar. Só que para nós, a de cobre vai precisar de uma temperatura maior pra poder dilatar por ela ser mais grossa.

Ao observar as barras, a aluna destaca que a barra de cobre é mais grossa. Essa observação é incorreta, todas as barras têm a mesma espessura e para corrigir o erro o professor pergunta à turma:

Professor: Vocês acham que as barras de alumino e cobre tem espessuras diferentes?

Diversos alunos: Não!

Professor: Se você observar com mais cautela, vai ver que a espessura das barras é a mesma.

A2: Humm! Verdade. Mas eu ainda acho que a de cobre vai precisar de mais calor para dilatar mais.

Professor: então vocês acham que materiais diferentes vão dilatar em tamanhos diferentes. Vocês acham que a natureza do material vai influenciar na dilatação?

A2: Sim!

Professor: Certo! Outra hipótese?

A3: professor, a gente acha que a intensidade do fogo vai influenciar.

Professor: vocês acham que a fonte de calor influencia na dilatação?

A3: Sim!

Professor: Ok! Mais alguma hipótese?

A4: Professor, a gente ia na primeira lá.

Professor: Está bem. Vocês acham que o comprimento da barra influencia no acionamento do circuito?

A4: Isso.

Professor: Alguma outra hipótese?

A5: Nós iríamos fazer assim: como a gente não sabe qual é a barra que vai dilatar primeiro, a gente vai pegar o alumínio e o cobre, colocar os dois no experimento e acender o fogo e vê o qual dilatará mais rápido.

A aluna A5 além de dar uma hipótese já gerou condições para testá-la. Ela diz que devemos colocar no experimento 02 uma barra de alumínio e uma de cobre, colocar a fonte de calor e observar qual irá dilata mais rapidamente, fechando o circuito elétrico.

Professor: Então vocês acham que a natureza do material influencia na dilatação, um material dilata mais que o outro?

A5: Sim.

Professor: Além de você dar uma hipótese, já gerou condições para testá-la. Muito bem! Mas vamos deixar para testar as hipóteses depois de recolher todas elas, ok?

A5: Tudo bem! A gente também usaria a fonte de calor maior.

Professor: Então vocês acham que a fonte de calor também influencia?

A5: *isso.*

Professor: *Alguém mais?*

A6: *Vamos ficar com a segunda.*

Professor: *A natureza do material irá influenciar?*

A6: *É.*

Professor: *Certo! Mais alguém?*

A7: *Achamos que a intensidade da fonte de calor vai influenciar.*

Professor: *Ok! Mais alguma hipótese?*

A8: *Então, nós acreditamos que o cobre é um condutor melhor que o alumínio então com a mesma quantidade de calor recebida pelos dois, o cobre vai dilatar mais.*

Professor: *Então vocês acreditam que a natureza do material vai influenciar na dilatação da barra? Acham que o cobre dilata mais que o alumínio?*

A8: *Sim.*

Professor: *Certo.*

Depois de levantadas todas as hipóteses dos grupos se faz necessária à verificação experimental de cada uma delas. As hipóteses levantadas foram:

- 1. O tamanho da barra vai influenciar na dilatação (essa dilatação tem um limite).**
- 2. A natureza do material vai influenciar na dilatação (o cobre dilata mais que o alumínio)**
- 3. A fonte de calor vai influenciar na dilatação da barra (a fonte de calor maior vai fazer a barra dilatar mais rapidamente)**

Professor: *Agora vocês irão gerar condições para testar cada uma dessas hipóteses.*

A9: *Nós achamos que uma completa a outra.*

Professor: *Então vocês acham que as três hipóteses levantadas até aqui se completam?*

A9 e A2: Isso!

Professor: Vamos verificar isso testando todas as hipóteses levantadas então.

A aluna A9 relatou achar que as três hipóteses levantadas influenciam na dilatação e que elas têm relação direta uma com outra.

Professor: Como posso testar a primeira hipótese levantada?

A1: Coloca uma menor e uma grande.

Professor: Uma menor e uma grande? Como assim?

A1: uma barra menor e uma maior.

Professor: Mas quais barras eu colocaria?

A1: Alumínio a pequena e a de cobre a maior.

Professor: Onde?

A1: No dilatador duplo.

A5: Tem que ser de mesmos materiais e tamanhos diferentes, porque queremos saber apenas se o tamanho da barra influencia e não o material.

Professor: vocês concordam com a colega?

Diversos alunos: Sim!

As duas barras de alumínio, de tamanhos ligeiramente diferentes, foram colocadas no dilatador duplo. A barra maior foi colocada no circuito 01 que contém o LED amarelo e a ligeiramente menor foi colocada no circuito 02 de onde faz parte o LED vermelho. Em seguida foi adicionada a fonte de calor abaixo delas de forma que ambas recebessem a mesma quantidade de calor (Ver Figura 17)



Figura 17: Realização do procedimento experimental sugerido pela aluna A5. **Fonte:** Arquivo do autor.

Depois de aproximadamente dois (02) minutos, o LED amarelo acendeu, mostrando que o circuito 01, onde estava a barra maior, foi acionado (ver Figura 18a). Foi pedido aos alunos que continuassem a observar o experimento, pois o circuito 02 não tinha sido fechado ainda. Passaram-se mais 4 minutos e o LED vermelho não acendeu. Os alunos foram chamados um a um para observar o experimento mais de perto e puderam observar que a barra de alumínio menor, que estava no circuito 02, ainda não tinha comprimento suficiente para alcançar as duas placas, para assim fechar o circuito (Ver Figura 18b).



Figura 18a: Imagem mostrando o acionamento do circuito 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

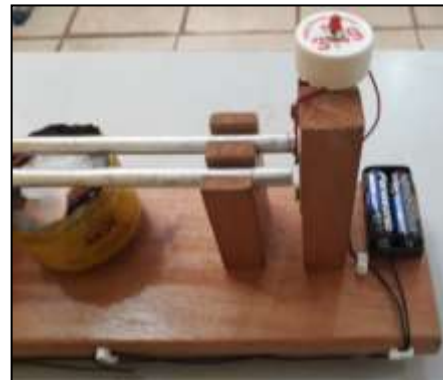


Figura 18b: Imagem mostrando o espaçamento ainda existente entre a barra de alumínio menor e uma das placas do circuito 02. **Fonte:** Arquivo do autor.

Depois desse momento o professor pergunta:

Vocês acham que o circuito elétrico vai fechar com a dilatação da barra menor?

Diversos alunos: Não!

Professor: Realmente ele não irá fechar, mesmo depois da dilatação da barra. Essa dilatação não é grande o suficiente para conseguir ligar indiretamente as duas placas. Então podemos supor que o tamanho da barra vai influenciar no acionamento do circuito e que essa dilatação tem um limite, o que vai de acordo com uma das hipóteses geradas por vocês.

A primeira hipótese levantada pelos alunos estava correta. Damos sequência com a segunda hipótese.

Professor: como eu posso testa a segunda hipótese levantada por vocês?

A9: Colocar duas barras iguais.

Professor: Iguais em quê e onde?

A1: No tamanho. No experimento 02.

A9: De materiais diferentes.

Professor: Então devo colocar em cada circuito do experimento 02, barras de tamanhos iguais e de diferentes materiais?

Diversos alunos: Sim!

No circuito 01 (LED amarelo) foi colocada a barra de alumínio e no circuito 02 (LED vermelho) a barra de cobre. Novamente uma fonte de calor foi colocada debaixo das barras, de maneira que ambas recebessem a mesma quantidade de calor (Ver Figura 19).



Figura 19: Realização do procedimento experimental sugerido pela aluna A9. **Fonte:** Arquivo do autor.

Logo após início do procedimento experimental, foi perguntado aos alunos qual das barras eles acreditavam que dilataria mais rapidamente para assim fechar o circuito elétrico, a turma ficou dividida. Também foi perguntado se eles achavam que as barras dilatariam nas mesmas proporções, discordando da segunda hipótese. Poucos alunos disseram que sim.

Aproximadamente um (01) minuto depois de colocada a fonte de calor debaixo das barras, o LED Amarelo foi ligado indicando o acionamento do circuito 01. Vinte e cinco (25) segundos depois do acionamento do LED amarelo, o LED vermelho foi ligado indicando o acionamento do circuito 02. Ou seja, para um mesmo intervalo de tempo e mesmo comprimento, a barra de alumínio tem uma taxa de dilatação maior em relação à barra de cobre. Mais uma vez os alunos tiveram êxito na elaboração de uma hipótese. A dilatação depende da natureza do material que constitui os corpos a serem dilatados.

Um ponto importante a ser destacado na hipótese anterior foi o erro dos alunos ao acharem que a barra de cobre dilataria mais rapidamente que a barra de alumínio. No entanto, ao observarem a experimentação, constataram que a barra de alumínio dilata mais facilmente.

Professor: como eu posso testar a terceira hipótese levantada por vocês?

A2: Colocando as duas fontes no experimento 01, primeiro a menor e depois a maior. Aí usa o cronômetro para ver qual dilata mais rápido.

Professor: Com qual fonte vocês acham que o circuito vai fechar mais rapidamente?

Diversos alunos: Com a maior!

A aluna A2 sugeriu que inicialmente fosse colocada a barra de alumínio no experimento 01 e que usássemos a fonte de calor menor para aquecimento da barra, medindo o tempo para o fechamento do circuito (Ver Figura 20). Em seguida, usa a mesma barra no experimento 01, mas agora com a fonte de calor maior, medindo novamente o tempo em que o circuito fecha (Ver Figura 21).



Figura 20: Fonte de calor menor colocada abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.



Figura 21: Fonte de calor maior colocada abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

Para que a temperatura inicial da barra não interferira na dilatação nos dois casos, antes de colocá-la no experimento 01, ela foi submetida por alguns segundos em uma porção abundante de água que estava à temperatura ambiente. Usando a fonte de calor menor, o circuito fechou em aproximadamente 27 segundos. Usando a fonte de calor maior, o mesmo circuito fechou em aproximadamente 21 segundos.

A maioria da classe estava correta ao afirmar que a intensidade da fonte de calor influencia na dilatação da barra, o que implica no acionamento do circuito elétrico do experimento 01. Quanto maior a intensidade da fonte de calor, maior será a dilatação.

Um aluno pergunta:

A5: E se a gente usar as duas fontes de calor, o tempo vai ser menor?

A dúvida do aluno pôde ser facilmente verificada colocando as duas fontes de calor abaixo da barra (Ver Figura 22). Como já era esperado, o circuito do experimento 01 foi acionado em um intervalo de tempo menor que nos dois últimos casos. Agora apenas 15 segundos foram suficientes para ocorrer o fechamento do circuito, mostrando, mais uma vez, que os alunos tiveram êxito na elaboração de sua hipótese.



Figura 22: As duas fontes de calor, maior e menor, colocada ao mesmo tempo abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

Mais uma vez os alunos são convidados a escrever e desenhar sobre tudo o que aprenderam na aula experimental, trata-se de uma atividade de sistematização individual do conhecimento. Tal atividade também é usada como meio de verificar se o objetivo da SEI foi alcançado de forma quantitativa e qualitativa.

5.4 Aula Teórica

Durante a aplicação da SEI, apenas os conceitos relacionados a dilatação linear foram abordados. No entanto, o conteúdo programático escolar referente a dilatação térmica vai mais além. Dessa forma, foi necessário o planejamento de uma aula teórica visando a complementação desse conteúdo com os tópicos restantes já que esses alunos também têm que ser preparados para prestarem processos seletivos para poderem ingressar no ensino superior.

Dilatação superficial e volumétrica dos sólidos; dilatação dos líquidos e comportamento térmico dos gases são os temas abordados na aula teórica.

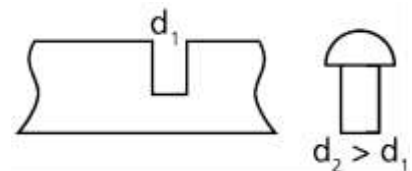
5.5 Teste propostos aos alunos com questões de vestibulares

Com a finalidade de verificar se o conteúdo ministrado na SEI foi apreendido de forma qualitativa e quantitativa pela turma, um teste com quatro questões foi aplicado. A seguir estão as questões conceituais e matemáticas referente as dilatações linear e superficial dos sólidos retiradas de vestibulares.

- (Olimpíada Brasileira de Física) A figura ilustra uma peça de metal com um orifício de diâmetro d_1 e um pino de diâmetro d_2 ligeiramente maior que o orifício d_1 , quando à mesma temperatura. Para introduzir o pino no orifício, pode-se:
 - aquecer ambos: o orifício e o pino.
 - resfriar o pino.
 - aquecer o pino e resfriar o orifício.
 - resfriar o orifício.
 - resfriar ambos: o orifício e o pino.
- (CEFET-MG 2009) Uma placa de material metálico apresenta um orifício de pequenas dimensões. Ao ser aquecida, sua superfície _____ e o orifício _____ .

Os termos da opção que preenchem, corretamente, as lacunas são:

- dilata, dilata.
- dilata, contrai.
- contrai, contrai.
- não se altera, dilata.



- (VUNESP-SP) A dilatação térmica dos sólidos é um fenômeno importante em diversas aplicações de engenharia, como construções de pontes, prédios e estradas de ferro. Considere o caso dos trilhos de trem serem de aço, cujo coeficiente de dilatação é $= 1,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Se a 10°C o comprimento de um trilho é de 30 m, de quanto aumentaria o seu comprimento se a temperatura aumentasse para 40°C ?
 - $11 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $33 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $99 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $132 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $165 \times 10^{-4} \text{ m}$

4. (CEFET-MG 2008) Para que uma barra metálica, cujo coeficiente de dilatação linear é $1,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, com 10 metros de comprimento inicial, apresente uma dilatação de 1,0 cm, a variação de temperatura necessária, em graus Celsius, é
- a) 10 b) 20 c) 50 d) 100 e) 200

6. Análise dos Resultados

Aqui iremos realizar a análise dos dados do produto educacional com o objetivo de expor os resultados obtidos. Essa metodologia de pesquisa tem como finalidade a união de dados relevantes sobre os principais aspectos da pesquisa, para que possam ser identificados e empregados em ações futuras. Outro objetivo desse tipo de análise é modificar conceitos e ideias em prol das formulações de novas ideias e hipóteses pesquisáveis (GIL, 1999). A análise será realizada através de aspectos como comportamento, participação e organização dos alunos quanto as atividades investigativas. As análises de questionários e relatórios também serão expostas.

6.1 Análise da avaliação diagnóstica.

O objetivo da avaliação diagnóstica era o de verificar se os alunos tinham algum conhecimento já adquirido sobre o conceito de dilatação térmica. Charges foram usadas para tal.

Não era esperado que os alunos respondessem corretamente as perguntas, mas sim que eles observassem uma relação entre as três charges, e a variação de temperatura com os exemplos Tampa da garrafa, trilhos do trem e porca do parafuso. Nessa etapa 30 alunos estavam presentes.

Os gráficos a seguir mostram o quantitativo de alunos que conseguiram observar a relação da temperatura como resposta para as questões.

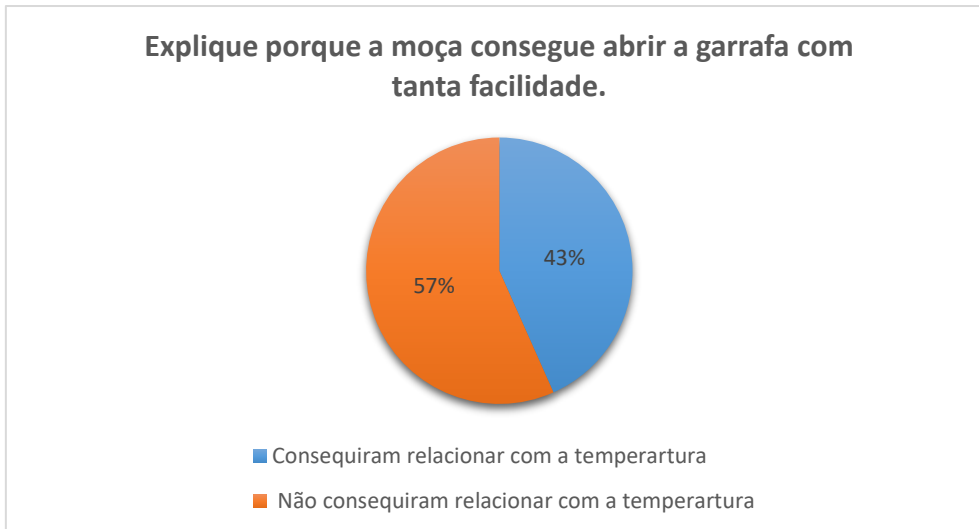


Gráfico 1: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 1. **Fonte:** arquivos do autor.

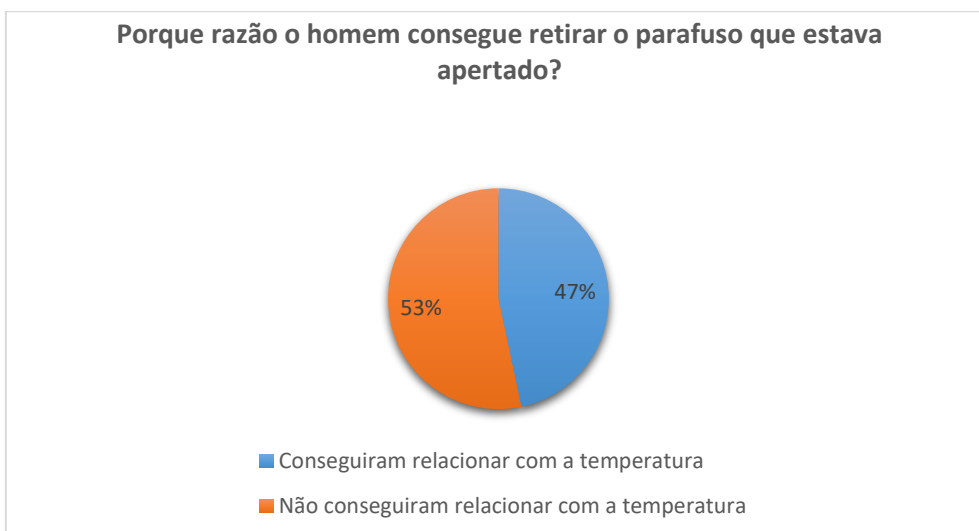


Gráfico 2: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 2. **Fonte:** arquivos do autor.

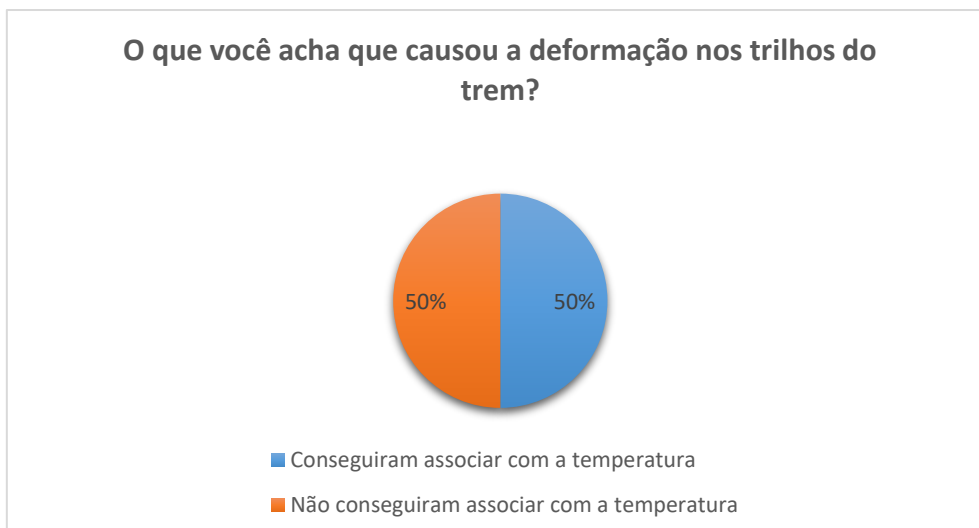


Gráfico 3: Quantitativo de alunos que conseguiram e que não conseguiram relacionar a variação de temperatura como a resposta da questão 3. **Fonte:** arquivos do autor.

Como podemos observar nos gráficos, nas três questões levantadas, aproximadamente metade dos alunos conseguiram associar a variação da temperatura como parte da solução das questões. Isso evidencia que eles ainda não têm o conceito de dilatação térmica formado, porém tem conhecimentos prévios acerca do fenômeno, um fator de fundamental importância para a aplicação de uma SEI como já foi discutido anteriormente.

6.2 Análise da Aplicação da Demonstração Investigativa – EXP. 01

Como ferramenta de análise, para essa etapa, foram usados textos que os alunos produziram logo após o término da atividade experimental. Neles os discentes foram convidados a relatar todos os passos que seguiram, juntos com suas respectivas equipes, na busca pela solução do problema. A seguir temos alguns textos de alunos (Ver Figuras 23, 24 e 25).

Hoje, dia 011-06-19 realizamos uma experiência, na qual foi utilizado os seguintes materiais (Algodão, álcool, e um esqueleto para produzir fogo, com esses materiais foi realizada a experiência que se chama Dilatação.

O experimento possui esse nome, pois com os materiais citados acima substituímos um fio elétrico e fizemos com que a corrente fosse o condutor de energia.

Com o equipamento de madeira com placas posicionadas, colocamos álcool em um recipiente com algodão e colocamos fogo, aguardamos, e como pela maioria o nosso objetivo, que era ascender uma luz de led foi concluído. Isso ocorreu porque o metal que é um bom condutor de energia se expandiu em contato com o fogo, o que fez com que o led acendesse.

Quando o metal estava aquecido o led continuou ligado, ao retirar o fogo com um curto intervalo de tempo o led apagou, pois o metal diminuiu e não encostava mais nas duas placas de metal que estava na estrutura utilizada no experimento.

Figura 23: Aluno(a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.

Hoje aprendemos sobre dilatação e vimos um experimento sobre, prova de dilatação é quando uma matéria se expande, isso acontece quando é exposta a uma fonte de calor, esse calor faz com que suas moléculas ou átomos oscilam rapidamente e se afastam um do outro, quando essa fonte de calor é retirada e a temperatura é abaixada, a matéria volta ao estado normal.

Figura 24: Aluno(a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.

Na aula o professor trouxe um experimento (chamado Dilatador/ descobrimos só no final o nome), a ideia era fazer os alunos pensarem. Os alunos deveriam formular uma hipótese para fazer uma Led ligar através do experimento dado e materiais de alguns materiais, que eram: um álcool, algodão, aquecimento, uma barra de alumínio. Descobriu-se que para incendiar a Led deve-se colocar a barra de alumínio de uma extremidade a outra (a barra não chegou a encostar nas extremidades, mas chegou bem perto), tendo que colocar o algodão bem perto em baixo da barra. Assim a barra seria aquecida, dilatando-a e expandindo-a, fazendo encostar nas duas extremidades, desse modo incendiando a Led. Obs: Um experimento muito interessante.

Figura 25: Aluno(a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.

Na Figura 24, para explicar a dilatação, o aluno faz menção ao grau de agitação das moléculas que constituem a barra. Ele diz que o aumento da temperatura faz com que os átomos e moléculas oscilem mais rapidamente afastando-se uma da outra. Ele também diz que quando retirada a fonte de calor, a temperatura baixa fazendo com que a matéria (barra de alumínio) volte pro seu estado natural. O interessante nesse texto é que em momento algum foi usado o conceito de grau de agitação molecular para explicar a dilatação e, também, nenhum grupo desenvolveu aprofundamento suficiente ao ponto de chegar nessa formulação. Dias depois, quando perguntado ao aluno como ele formulou tal argumentação, o aluno respondeu que se lembrou das primeiras aulas de física térmica onde ele aprendeu a relacionar temperatura com o grau de agitação molecular.

Observa-se nos textos que o objetivo dessa fase do trabalho foi alcançado pelos alunos chegaram ao conceito de dilatação térmica. Participaram dessa etapa 37 alunos.

6.3 Análise da Aplicação da Demonstração Investigativa – EXP. 02

A mesma forma de análise da etapa anterior vai ser usada nesta etapa. Os alunos foram convidados a relatar todos os passos que seguiram,

juntos com suas respectivas equipes, na busca pela solução do novo problema. A seguir temos alguns textos (Ver Figuras 26, 27 e 28).

No dia 06 de junho de 2018 aconteceu a seguinte fase do laboratório proposto pelo professor Anderson. O novo que elaboramos foi pensar em quais são os fatores que vão influenciar no aquecimento de um circuito elétrico.

Os alunos foram divididos em grupos, composto de 5 pessoas. Dois grupos disseram que o tamanho da barra vai influenciar. Enquanto três grupos chegaram a conclusão que a natureza do material vai influenciar. E os outros dois acharam que seria a fonte de calor.

Sendo assim, foram testado as três hipóteses. Na primeira hipótese foi usado duas barras com o mesmo material, mas com tamanhos diferentes e concluímos que a primeira está certa, que o tamanho da barra vai influenciar. Já na segunda foi usado duas barras de tamanho iguais, mas com o material diferente, uma era de alumínio e outra de cobre, no alumínio a dilatação da barra foi mais rápida do que a de cobre, com isso podemos dizer que a segunda estava certa, que a natureza do material vai influenciar. E a última teste foi da terceira hipótese, nela foi usado uma barra de alumínio com uma fonte de energia térmica pequena, que fez se dilatar em 48s, já no outro caso em que a energia térmica foi maior sua dilatação foi mais rápida, ocorreu apenas, em 15s. Com isso podemos concluir que todas hipóteses dos alunos estavam corretas, ou seja, uma vai complementar a outra.

Figura 26: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. **Fonte:** Arquivos do autor.

Hoje tivemos o quanto o trabalho e o trabalho de um cientista. O nosso desafio foi mais aberto, mais difícil. Com o nosso fogo de vontade, conseguimos resolvê-lo.

Tivemos que colocar duas barras o Alumínio (Al) e o cobre (Cu) e com isso concluímos que: O tamanho da Barra vai influenciar, que a natureza do material vai influenciar e que a fonte de calor vai influenciar.

Isso também ensina que a gente aprende com os nossos erros.

Figura 27: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.

Na aula de Física o professor, inicialmente, trouxe um experimento, mas dessa vez o Delalador era diferente. Descobri-me descobrir que fatores influenciam no adiantamento de elétrons.

Então, na aula, pôde-se descobrir que o tamanho da barra influencia no adiantamento de elétrons, quanto maior a barra, seja de alumínio ou de cobre. A natureza também influencia (A natureza de material), uma barra de alumínio dilata mais rápido e adiona eletricidade mais rápido do que uma barra de cobre. A intensidade da fonte de calor também é um grande influenciador, já que, quanto maior a intensidade da fonte de calor, mais rápido o circuito será ativado. Então podemos dizer que o tamanho da barra, a natureza do material e a fonte de calor são influenciados (como disse o Delalador: "Uma completa a outra").

Obs: Essa foi, mais uma vez, uma atividade muito interessante, que buscamos nós (alunos) elaborar hipóteses e pensar. O experimento é muito top!

Figura 28: Aluno (a) descrevendo o processo de investigação. Fonte: Arquivos do autor.

Observa-se mais uma vez que o objetivo dessa fase do trabalho foi alcançado pelos alunos e que dessa vez os alunos foram mais organizados ao relatarem as etapas seguidas por seus grupos na busca pela solução do problema. Nota-se também uma mudança da linguagem e na postura desses alunos, caracterizando um início de atitudes científicas. Participaram dessa etapa 37 alunos.

6.4 Análise da aula teórica e do teste com questões de vestibulares

Como mencionado anteriormente, se faz necessária a aplicação de uma aula teórica visando preparar os alunos para processos seletivos e também como atividade de sistematização do conhecimento. Ao final da SEI, um teste com questões de vestibulares anteriores foi aplicado (Apêndice c). Participaram dessa etapa 36 alunos e os acertos foram superiores a 80% em todas as questões.

Os gráficos 4 mostram o desempenho dos alunos no teste.

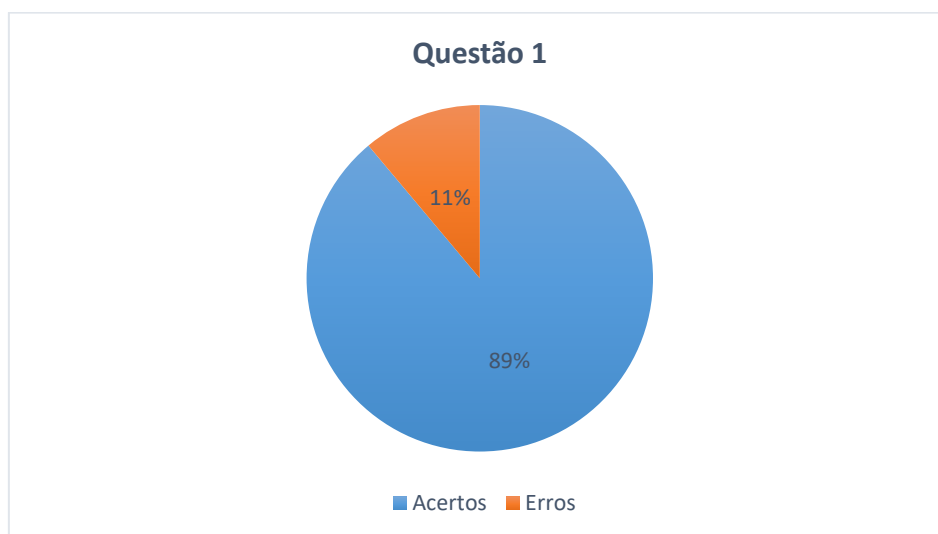


Gráfico 4: Desempenho dos alunos na questão 1 do teste. **Fonte:** arquivos do autor.

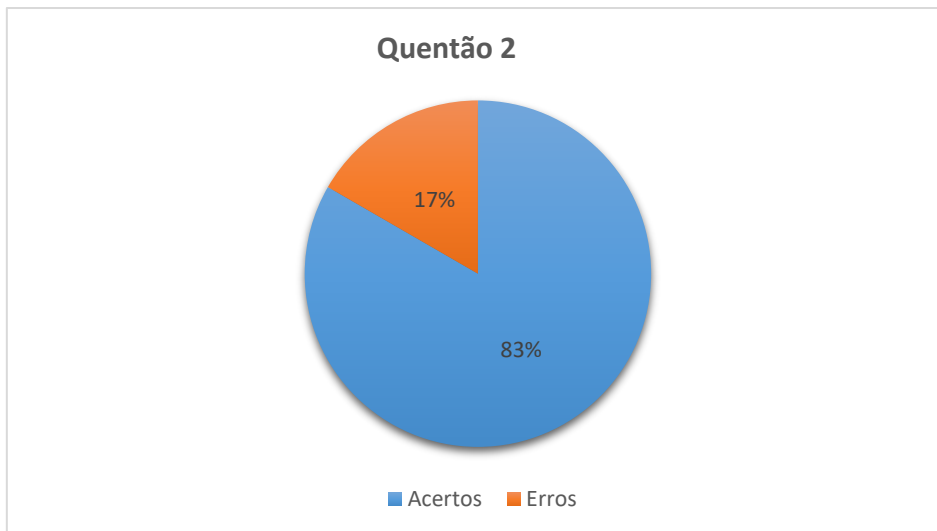


Gráfico 5: Desempenho dos alunos na questão 2 do teste. **Fonte:** arquivos do autor.



Gráfico 6: Desempenho dos alunos na questão 3 do teste. **Fonte:** arquivos do autor.



Gráfico 7: Desempenho dos alunos na questão 4 do teste. **Fonte:** arquivos do autor.

6.5 Análise de aceitação da SEI

Faz-se necessária uma análise da aplicação da SEI pela ótica do discente. Um questionário (ver Apêndice C) foi aplicado ao final da Sequência de Ensino por investigação. Os gráficos a seguir mostram os dados de aceitação da SEI de um universo de 37 alunos.

O gráfico 08 mostram percentual de alunos que já haviam participado de alguma atividade experimental em sala de aula. Foi constatado que mais de 50% da turma não tinha participado. Acredita-se que os mesmos não devam ter tido oportunidades em séries anteriores das informações relativas ao estudo realizado ou semelhantes

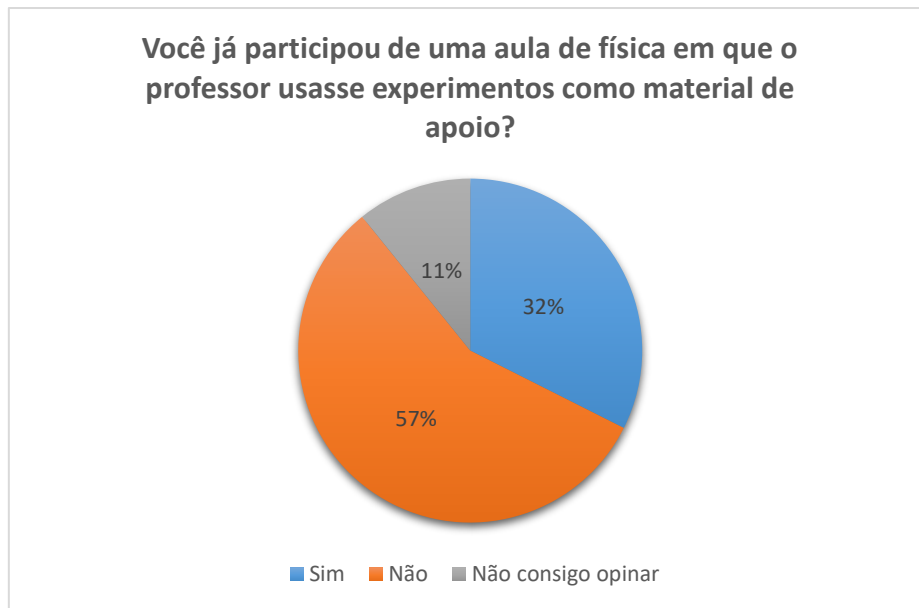


Gráfico 8: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

O gráfico 09 mostra que as aulas que usam, como aporte, atividades investigativas, para busca de novos conhecimentos, são mais eficazes no processo de ensino e aprendizagem quando comparadas ao ensino tradicional, onde professor é o detentor de todo o conhecimento e o aluno simplesmente o recebe de forma passiva sem ser explorado seus conhecimentos prévios e nem suas características sociais.



Gráfico 9: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

O gráfico 10 mostra o desempenho do professor, segundo a visão dos alunos, na proposição dos problemas experimentais. Observando os dados nota-se que para mais de 15% dos alunos, os problemas não foram propostos de forma clara, o que pode acarretar no comprometimento de toda a SEI. Esse ponto deve ser mais trabalhado em atividade futuras.

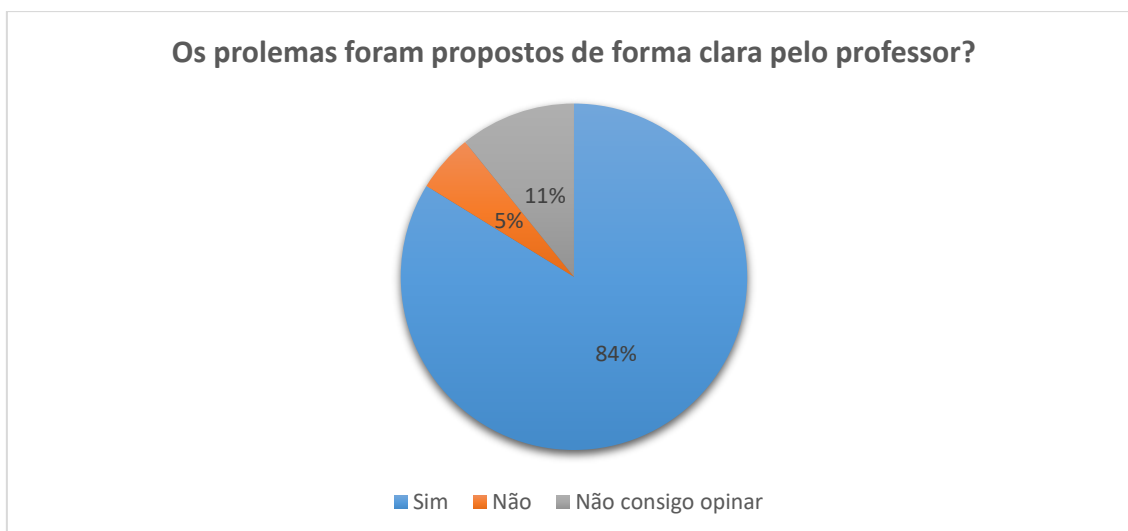


Gráfico 10: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

O gráfico 11 traz dados quanto a motivação dos alunos durante as atividades investigativas. As notas 4 e 5, somando 65%, representam que os

alunos estavam motivados. Estratégias devem ser desenvolvidas para melhorar esse percentual em aplicações futuras.

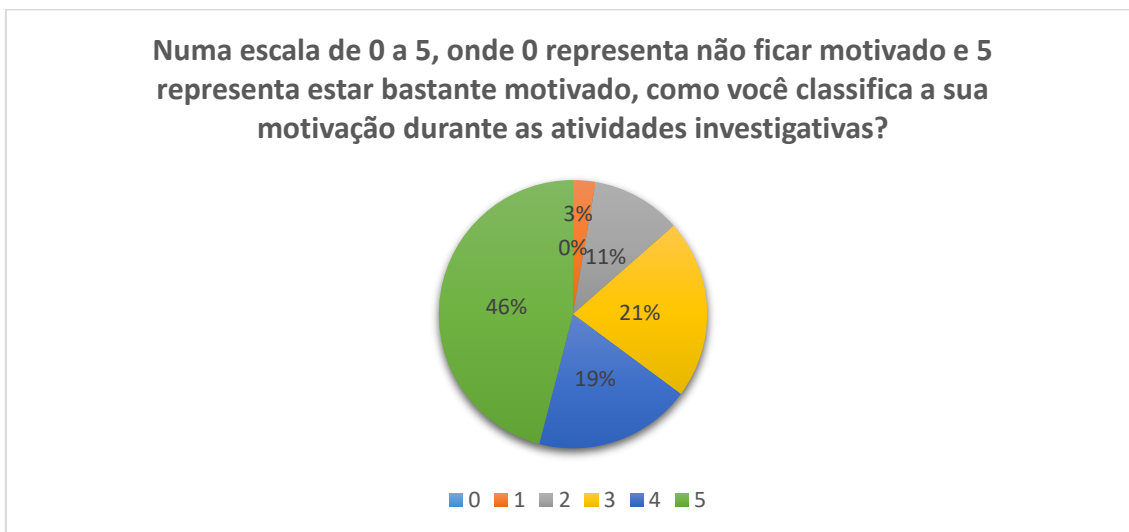


Gráfico 11: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

O gráfico 12 mostra uma cumplicidade entre as atividades investigativas e a aula teórica. Na aula teórica o tópico de física pôde ser estudado com mais detalhes, e a SEI tornou essa etapa mais fácil. Nenhum dos alunos marcou a opção “não” nessa pergunta.



Gráfico 12: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

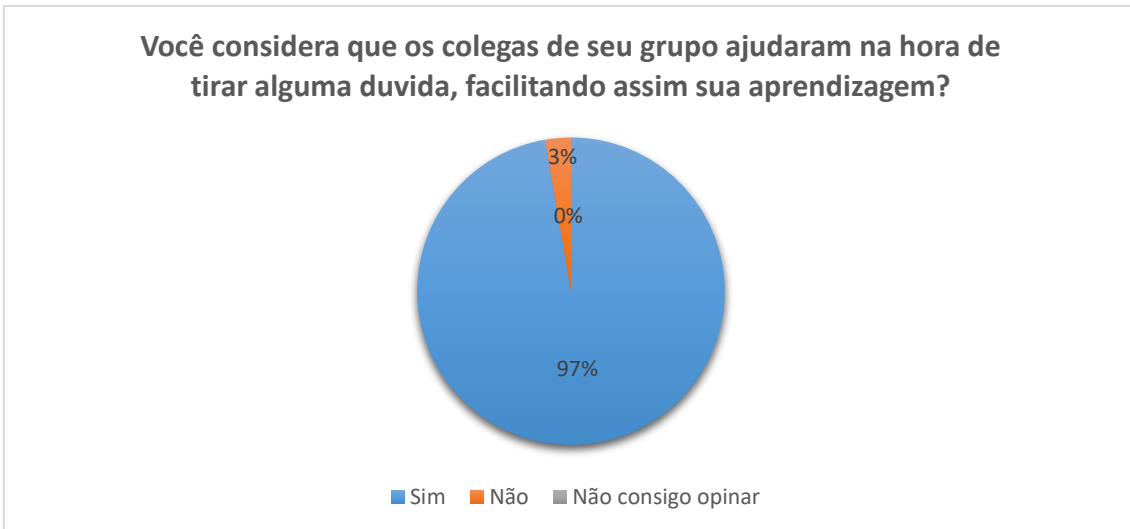


Gráfico 13: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

Os gráficos 12 e 13 explanam a importância de as atividades serem aplicadas para grupos de alunos e não individualmente, pois a troca de ideias é mais espontânea, o que vai de acordo com a teoria de Vygotsky já comentada anteriormente.



Gráfico 14: Dados da análise de aceitação da SEI. **Fonte:** arquivos do autor.

Os dados mostram que, apesar de alguns pontos precisarem de um melhor planejamento para futuras aplicações, o produto educacional foi bem aceito pela turma e apresentou bons resultados, o que certamente contribuiu bastante para o processo de ensino e aprendizagem no ensino de física aplicado na educação básica.

Considerações Finais

Considerando a Física como o ramo da Ciência que estuda e explica os fenômenos naturais e que muitos desses fenômenos estão relacionados ao nosso cotidiano, se faz necessário que os cidadãos tenham o entendimento, mesmo que básico, da ocorrência e justificativa da maioria deles. Essa importante fase de busca pelo conhecimento tem início nas séries finais do ensino fundamental e durante o ensino médio, porém, como já discutido na introdução desse trabalho, muitos fatores interferem nesse processo pela busca do conhecimento, o modelo de ensino mecanicista e o alto nível de abstração presente na maioria dos tópicos do conteúdo programático dessas séries são bons exemplos.

Este trabalho trouxe uma proposta cujo objetivo era tornar mais fácil esse processo de ensino, tendo o aluno como agente ativo na busca do seu próprio conhecimento. A Sequência de Ensino por Investigação usada nesse trabalho apresentou ótimos resultados em todas as etapas de sua aplicação.

A primeira etapa (avaliação diagnóstica) mostrou que os alunos tinham um conhecimento pré-estabelecido sobre a dilatação dos sólidos. Uma grande parcela dos alunos conseguiu relacionar os fenômenos observados nas charges como consequência de uma variação na temperatura, porém nenhum deles chegou a explicar de forma clara o que se era observado nas charges.

Na segunda e terceira etapa (demonstrações investigativas), quando os alunos foram desafiados a solucionar os problemas propostos, notou-se neles um início de atitudes científicas quando eles observavam os experimentos, geravam hipóteses e discutiam formas para testá-las. Notou-se também uma mudança na postura, na fala e na escrita dos alunos, o que também caracteriza o início de atitudes científicas. Todos os problemas propostos aos alunos foram solucionados por eles forma satisfatória.

A quarta etapa (aula teórica) tinha a finalidade de complementar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores. Notou-se que os alunos estavam mais interessados na busca pelo conhecimento mesmo que naquele momento estivesse sendo através de uma aula tradicional, o que evidencia a

necessidade de metodologias atrativas do ponto de vista do discente como a que foi aplicada neste trabalho.

A quinta e última etapa (teste com questões de vestibulares) tinha a finalidade de fazer um levantamento qualitativo sobre o tópico de Física abordado no trabalho, mais uma vez ótimos resultados foram alcançados. Com base no convívio em sala de aula, qualquer docente nota facilmente que a maioria dos alunos tem uma grande deficiência em matemática, porém, de alguma forma este, trabalho contribuiu para minimizar tal deficiência uma vez que mais de 90% da turma conseguiram resolver as questões que envolviam cálculos. Juntamente com a última etapa, foi feita uma avaliação do produto educacional segundo a visão dos alunos, os resultados foram bastante satisfatórios mostrando a eficiência do trabalho aqui apresentado.

Por tanto, tomando como base as observações em sala de aula e os dados coletados (textos e gráficos) podemos concluir que este trabalho é uma potente ferramenta que pode ser usada na educação básica, visando melhorias no processo de ensino e aprendizagem na disciplina de Física. Em um dos apêndices deste trabalho (Apêndice D) encontra-se o Produto Educacional utilizado neste trabalho, espera-se que os colegas docentes possam usá-lo em suas aulas, o que contribuirá significativamente na mudança desse cenário atual que é o modelo mecanicista de ensino.

Referências Bibliográficas

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. Física para Universitários. Porto Alegre: AMGH, 2013.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

COLE, M. (1985). "A zona de desenvolvimento proximal: onde cultura e cognição Criar uns aos outros". Em James V. Wertsch (Ed.), *Cultura, comunicação e cognição: Perspectivas de Vygotskian* (pp. 147-161). Cambridge MA: Cambridge University Press.

GIL. A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GAVASSI, Susana Lisboa. **Avaliação formativa**: um desafio aos professores das séries finais do ensino fundamental.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. V. 2, n. 3, São Paulo, Edgard Blücher, 1981.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. Física, v. 2, n. 4, Rio de Janeiro: LTC, 1984.

PIAGET, J. *A tomada da consciência*. São Paulo: Melhoramentos/ Edusp, 1977 (a).

PIAGET, J. *Lá explicación en las ciencias*. Barcelona: Martinez Roca, 1977 (b).

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.333-352, jul. 2008

SITE: <https://docente.ifrn.edu.br/edsonjose/disciplinas/fisica-ii-licenciatura-em-quimica-1/tabela-coeficiente-de-dilatacao-linear-de-alguns-materiais/image_view_fullscreen>. Acessado em setembro de 2019.

SITE: <<https://lusoacademia.org/2015/11/20/1-3-expansao-termica/>>. Acessado em setembro de 2019.

SITE: <<https://questoes.olhonavaga.com.br/questoes?ma=177&as=7941&tc=4>>
. Acessado em janeiro de 2019.

SITE: <<http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>>. Acessado em
janeiro de 2019.

Apêndice A – Roteiro de construção do experimento 01

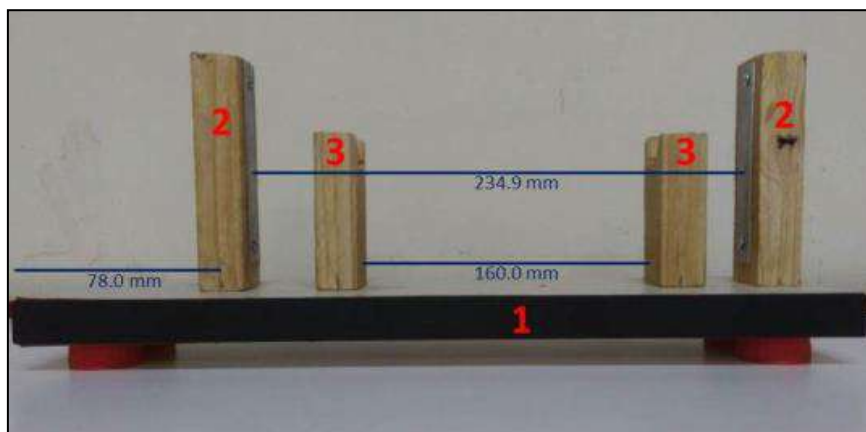
Com o objetivo de facilitar a montagem do experimento, uma vez que são usados diversos materiais, dividimos o processo de construção em quatro partes, a saber: **estrutura da madeira**, **circuito elétrico**, **fonte de calor** e **montagem final**.

Para a construção do experimento “Dilatador linear de baixo custo”, são sugeridos os seguintes materiais:

- Uma estrutura de madeira (detalhada na sessão 1);
- 5 tampas de garrafa PET¹;
- 1 LED² difuso 5mm vermelho;
- Suporte para 2 pilhas;
- 2 pilhas alcalinas 1,5V;
- Parafusos;
- 2 placas de alumínio de dimensões 1,5 cm x 9,4 cm;
- 1 tubo de alumínio de dimensões 233,5 mm x 9,05 mm Ø;
- 1 lata de refrigerantes;
- Algodão
- Álcool em gel.

1. Estrutura de madeira

O objetivo nessa primeira etapa é construir uma base de madeira com formas e medidas ilustradas na Figura 01.



¹ Polietileno tereftalato .

² Diodo emissor de luz.

Figura 01: Base de madeira a ser usada na construção do experimento ilustrando medidas sugeridas. **Fonte:** Arquivos do autor.

A base de madeira é composta por blocos com as seguintes dimensões:

- Bloco 1: 2,0 cm de altura x 9,0 cm de largura x 37 cm de comprimento.
- Blocos 2: 10,5 cm de altura x 2,0 cm de largura x 3,0 cm de comprimento.
- Blocos 3: 7,5 cm de altura x 2,0 cm de largura x 3,0 cm de comprimento.

No bloco 1 foram fixadas 4 tampas de garrafa PET para servir como base de apoio da estrutura de madeira (ver Figura 3)



Figura 02: Base de apoio da estrutura de madeira. **Fonte:** Arquivos do autor.

Em cada um dos blocos 2 foram fixadas uma placa de alumínio (ver figura 03).



Figura 03: Placas de alumínio fixadas nos blocos 2. **Fonte:** Autores.

Nos blocos 3 foram feitas ranhuras (ver Figura 4) para, posteriormente, servirem como apoio para a tubo de alumínio. É essencial para o bom funcionamento do experimento, que as ranhuras estejam sem excessos de rugosidade, diminuindo assim o atrito, uma vez que, o tubo de alumínio necessitará ter um fácil deslizamento sobre elas.



Figura 04: Ranhuras feitas nos blocos 3. **Fonte:** Arquivo do autor.

Os blocos 2 e 3 foram fixados, com a ajuda de parafusos, no bloco 1 seguindo as medidas ilustradas na Figura 1.

2. Circuito elétrico

O esquema da montagem do circuito elétrico é ilustrado na Figura 05. Ele é composto por uma associação de pilhas que o submete a uma tensão de 3V, um LED difuso 5mm vermelho e por duas placas. O circuito está inicialmente aberto já que as placas não estão em contato.

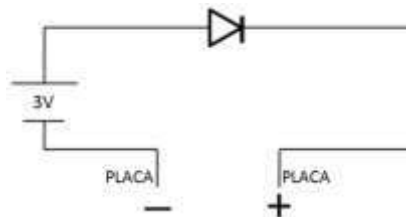


Figura 05: Ilustração do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do autor.

3. Fonte de calor

Para a montagem da fonte de calor, uma lata de refrigerantes foi cortada a uma altura de 5 cm formando um recipiente (ver Figura 06). Em seguida, foi depositado, dentro do recipiente, algodão e álcool em gel.



Figura 05: Ilustração do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do autor.

4. Montagem final

O circuito foi conectado as placas (ver Figura 07). Em seguida o suporte das pilhas foi fixado com parafusos ao bloco 1 e uma tampa de garrafa PET foi fixada a um dos blocos 2 para servir de base para o LED (ver Figura 08).

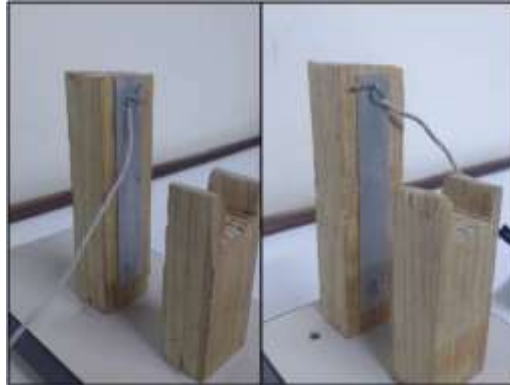


Figura 07: Circuito elétrico fixado nas placas de alumínio. **Fonte:** Arquivos do autor.



Figura 08: Base de apoio para o LED feita de tampa de garrafa PET. **Fonte:** Arquivos do autor.

O tudo de alumínio é colocado sobre os blocos 3 e, abaixo dele, é coloca-se o recipiente que servirá como fonte de calor. A montagem final do experimento é mostrada na Figura 09.



Figura 09: Montagem final do experimento “Dilatador linear de baixo custo”. **Fonte:** Arquivo do autor.

Apêndice B - Roteiro de construção do experimento 02

Para a montagem do experimento 02, vamos seguir a sequência usada na construção do experimento 01, fazendo as adaptações necessárias. As etapas são: **montagem da estrutura de madeira, ligação dos circuitos elétricos, confecção das fontes de calor e montagem final do aparato.**

Para a construção do experimento “Dilatador linear duplo de baixo custo”, são sugeridos os seguintes materiais:

- Uma estrutura de madeira (detalhada na sessão 1);
- 6 tampas de garrafa PET³;
- 2LED's⁴ difuso 5mm (vermelho e amarelo);
- 2Suportes para 2 pilhas;
- 4 pilhas alcalinas 1,5V;
- Parafusos;
- 4 placas de alumínio de dimensões 1,5 cm x 9,4 cm;
- 1 tubo de alumínio de dimensões 224 mm x 9,0 mm Ø;
- 1 tubo de alumínio de dimensões 227 mm x 9,0 mm Ø;
- 1 tubo de cobre de dimensões 224 mm x 9,0 mm Ø;
- 1 tubo de cobre de dimensões 227 mm x 9,0 mm Ø;
- 2 latas de latas, uma de refrigerante e outra de cerveja;
- Algodão
- Álcool em gel.

1. Estrutura de madeira

O objetivo nessa primeira etapa é construir uma base de madeira com formas e medidas ilustradas na Figura 01.

³ Polietileno tereftalato .

⁴ Diodo emissor de luz.

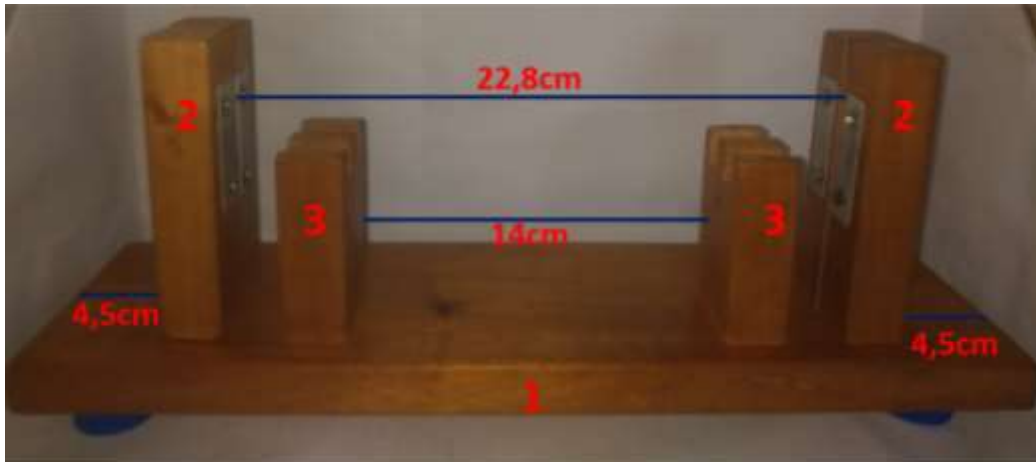


Figura 01: Base de madeira a ser usada na construção do experimento ilustrando medidas sugeridas. **Fonte:** Arquivos do autor.

A base de madeira é composta por blocos com as seguintes dimensões:

- Bloco 1: 2,0 cm de altura x 10,5 cm de largura x 37 cm de comprimento.
- Blocos 2: 20 cm de altura x 2,5 cm de largura x 2,5 cm de comprimento.
- Blocos 3: 6,5 cm de altura x 5,0 cm de largura x 2,5 cm de comprimento.

No bloco 1 foram fixadas 4 tampas de garrafa PET para servir como base de apoio da estrutura de madeira (ver Figura 2)



Figura 02: Base de apoio da estrutura de madeira. **Fonte:** Arquivos do autor.

Foram fixadas em cada um dos quatro blocos 2 uma placa de alumínio (ver figura 03).



Figura 03: Placas de alumínio fixadas nos blocos 2. **Fonte:** Arquivos do autor.

Nos blocos 3 foram feitas ranhuras (ver Figura 4) para, posteriormente, servirem como apoio para a tubos de alumínio e de cobre. É essencial, para o bom funcionamento do experimento, que as ranhuras estejam sem excessos de rugosidade, diminuindo assim o atrito, uma vez que, os tubos de alumínio e de cobre necessitaram ter um fácil deslizamento sobre elas.



Figura 04: Ranhuras feitas nos blocos 3. **Fonte:** Arquivo do autor.

Os blocos 2 e 3 foram fixados, com a ajuda de parafusos, no bloco 1 seguindo as medidas ilustradas na Figura1.

2. Circuito elétrico

Os esquemas das montagens dos circuitos elétricos são ilustrados nas Figuras 05a e 05b. O circuito **A** é composto por uma associação de pilhas que o submete a uma tensão de 3V, um LED difuso 5mm vermelho e por duas placas. O circuito **B** é composto pelos mesmos materiais que compõem a

circuito **A**, porém o LED é de cor amarela. Os circuitos estão inicialmente abertos já que as placas não estão em contato.

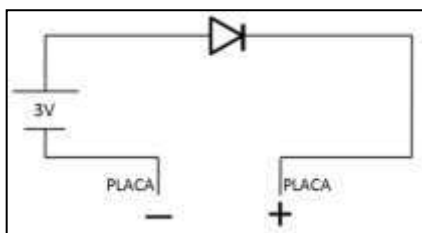


Figura 05a: Ilustração do circuito elétrico **A**.
Fonte: Arquivos do autor.

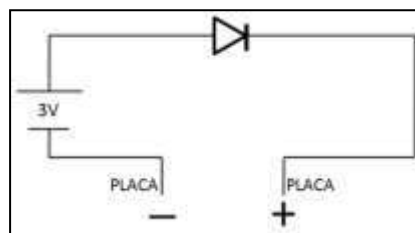


Figura 05a: Ilustração do circuito elétrico **B**.
Fonte: Arquivos do autor.

3. Fontes de calor

Para a montagem das fontes de calor, uma lata de refrigerantes e uma de cerveja foram cortada a uma altura de 4 cm e 5 cm, respectivamente, formando cada uma, um recipiente (ver Figura 06a e 06b). Em seguida, foi depositado, dentro dos recipientes, algodão e álcool em gel.



Figura 06a: Fonte de calor **A**. **Fonte:** Arquivos do autor.



Figura 06b: Fonte de calor **B**. **Fonte:** Arquivos do autor.

4. Montagem final

Os circuitos foram conectados as placas (ver Figura 07). Em seguida os suportes das pilhas foram fixados com parafusos ao bloco 1. Duas tampas de garrafa PET foram fixadas em dois dos blocos 2 para servirem de base para os LEDs (ver Figura 08).



Figura 07: Circuito elétrico fixado nas placas de alumínio. **Fonte:** Arquivos do autor.



Figura 08: Base de apoio para o LED feita de tampa de garrafa PET. **Fonte:** Arquivos do autor.

Os tubos de alumínio e de cobre podem ser colocados de forma arbitrária sobre os blocos 3 e, abaixo deles, podem ser colocados, também de forma arbitrária, os recipientes que servirão como fontes de calor. A montagem final do experimento é mostrada na Figura 09.



Figura 09: Montagem final do experimento “Dilatador linear duplo de baixo custo”. **Fonte:** Arquivo do autor.

Apêndice C: Avaliação diagnóstica e Questões de vestibulares

- Avaliação diagnóstica



Figura 1: A tampa da garrafa sofre dilatação térmica ao ser aquecida debaixo da torneira. Fonte: OLHONAVAGA, 2018

Explique por que a moça consegue abrir a garrafa com tanta facilidade.



Figura 2: A porca do parafuso se dilatando ao ser exposta ao calor da chama da vela. Fonte: <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

Por que razão o homem consegue retirar o parafuso que estava apertado?



Figura 3: Trilhos de trem sofrendo dilatação devido a longa exposição aos raios solares.

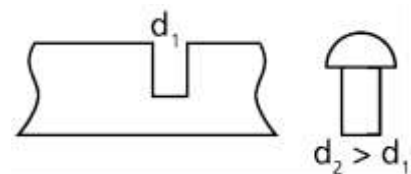
Fonte: <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

O que você acha que causou a deformação nos trilhos do trem?

- **Questões de vestibulares**

-

1. (Olimpíada Brasileira de Física) A figura ilustra uma peça de metal com um orifício de diâmetro d_1 e um pino de diâmetro d_2 ligeiramente maior que o orifício d_1 , quando à mesma temperatura. Para introduzir o pino no orifício, pode-se:
 - a) aquecer ambos: o orifício e o pino.
 - b) resfriar o pino.
 - c) aquecer o pino e resfriar o orifício.
 - d) resfriar o orifício.
 - e) resfriar ambos: o orifício e o pino.



Apêndice D – Produto Educacional

1. O produto educacional

Este produto educacional tem o objetivo de gerar condições para que os alunos possam verificar a dilatação linear de um sólido e os principais fatores que nela influenciam. Para tal, foi montada uma Sequência de Ensino Por Investigação (SEI), baseada em dois experimentos.

O Produto é destinado a alunos do 2º ano do ensino médio, porém pode ser aplicado em outras séries da educação básica realizando as adaptações necessárias.

A seguir vamos detalhar as 5 etapas/aulas de aplicação da SEI na forma de Demonstrações investigativas: *avaliação diagnóstica; demonstração investigativa 01; demonstração investigativa 02; aula teórica e teste usando questões de vestibulares.*

2.1 Avaliação diagnóstica

Objetivo: Verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do assunto de Dilatação Térmica dos Sólidos.

Avaliação diagnóstica consiste em uma ação realizada no início do processo de aprendizagem com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios, competências e habilidades de cada aluno, além de prever futuras dificuldades acerca do conteúdo que será ministrado em sala de aula (GAVASSI, 2012). Desta forma, é possível planejar as etapas do processo de ensino e aprendizagem que serão executadas ao longo da SEI e também adequar os alunos em grupos ou níveis de aprendizagem.

Escolheu-se realizar esta diagnose através de questionamentos e charges ilustrativas que pudessem despertar o interesse dos alunos e conduzi-los ao tema de Dilatação.

Charge 01



Figura 01: A tampa da garrafa sofre dilatação térmica ao ser aquecida debaixo da torneira. Fonte: <https://questoes.olhonavaga.com.br/questoes?ma=177&as=7941&tc=4>.

Explique porque a moça consegue abrir a garrafa com tanta facilidade.

Charge 02



Figura 02: A porca do parafuso se dilatando ao ser exposta ao calor da chama da vela.

Fonte: <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

Por que razão o homem consegue retirar o parafuso que estava apertado?

Charge 03



Figura 03: Trilhos de trem sofrendo dilatação devido a longa exposição aos raios solares.

Fonte: <http://www.simonsen.br/eja/arquivos-pdf/fisica-und2.pdf>.

O que você acha que causou a deformação nos trilhos do trem?

1.3 Demonstração investigativa 01

Objetivo: Gerar condições para que os alunos construam o conceito de Dilatação Térmica de um Sólido.

Para alcançar o objetivo desta etapa, faremos uso do experimento 01- Dilatador linear de baixo custo (ver Figura 01) e dos materiais listados abaixo.

- Barra de alumínio;
- Álcool em gel;
- Isqueiro;
- Fogareiro.



Figura 04:Experimento “Dilatador linear de baixo custo”. **Fonte:** Arquivos do Autor

Antes da proposição do problema experimental se fez necessário introduzir aos alunos o conceito básico de circuitos elétricos, já que alguns estão presentes nos experimentos que darão suporte à solução dos problemas propostos. Ao apresentar aos alunos o experimento 01, deve-se mostrar que o circuito elétrico nele contido, alimentado por pilhas, está aberto, não possibilitando a passagem de corrente elétrica, o que implica no não funcionamento do LED. O circuito está aberto uma vez que as placas situadas nas hastes maiores não estão em contato (Ver Figura 05).



Figura 05: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED e fonte de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 01. **Fonte:** Arquivos do autor.

Pode ser usado um fio condutor para colocar em contato indireto as duas placas, fechando assim o circuito e fazendo o LED funcionar, mostrando aos alunos o bom funcionamento do experimento (Ver Figura 06).

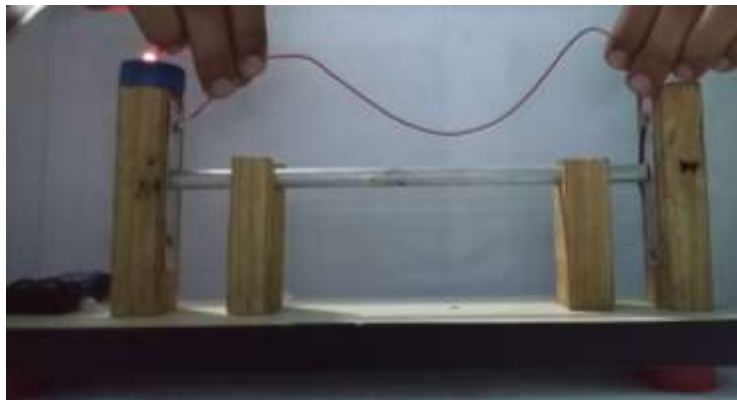


Figura 06: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do autor.

Depois disso os alunos estarão aptos para usar o experimento na busca pra solução do problema experimental que será proposto. A situação problema, que dá início às atividades é:

“Como devo fazer pra fechar o circuito elétrico do experimento 01 usando apenas os materiais que estão sobre a mesa?”

A partir do problema proposto, com base na leitura dos textos da avaliação diagnóstica e nos materiais dispostos na mesa, espera-se, que os alunos levantem algumas hipóteses para a solução do problema experimental. As mais prováveis são:

Hipótese 1 - “...colocar a barra metálica sobre as hastes de madeira”

Hipótese 2 - “...colocar a barra metálica sobre as hastes de madeira e colocar fogo debaixo da barra”

Para testa a hipótese 1 o professor simplesmente coloca a barra sobre as hastes menores, porém verifica-se que colocar a barra sobre as hastes não é o suficiente para fechar o circuito elétrico. Em seguida o professor pergunta:

“Por que o circuito não fechou ao colocarmos a barra nas hastes?”

Espera-se que algum grupo observe que a barra não tem comprimento suficiente para que suas extremidades alcancem as placas para fechar o circuito e fazer o LED acender. A hipótese 1 não resolve o problema.

Para testar a hipótese 2 o professor coloca uma fonte de calor debaixo da barra (ver Figura 07a). Essa hipótese fará o circuito fechar, porém não instantaneamente, então é importante que o professor peça que aos alunos aguardem alguns segundos até que o LED acenda (ver Figura 07b).



Figura 07a: Fonte de calor colocada abaixo da barra de alumínio. **Fonte:** Arquivos do Autor.



Figura 07b: Acionamento do circuito elétrico. **Fonte:** Arquivos do Autor.

Agora o professor deve perguntar:

“Por que o circuito elétrico fechou quando eu coloquei a fonte de calor debaixo da barra?”

Possivelmente diversas explicações podem ser geradas pelos alunos e, dentre elas, espera-se que algum aluno diga que a fonte de calor fez com que

aumentasse o comprimento da barra possibilitando que suas extremidades tocassem as placas, fechando o circuito fazendo o LED acender.

Aproveitando esse momento, o professor faz mais uma pergunta:

“Como eu devo proceder para desligar o LED (abrir o circuito) sem ser necessário tirar a barra das hastes menores?”

Tirar a fonte de calor debaixo da barra e aguardar alguns segundos, deve ser a resposta dos alunos. O professor realiza esse procedimento e constata-se que o LED apaga após alguns segundos indicando que o circuito está novamente aberto.

Agora o professor pergunta:

“Por que o circuito elétrico fechou quando eu coloquei a fonte de calor debaixo da barra e foi novamente aberto depois de retirada a fonte de calor?”

Com essa pergunta espera-se que os alunos associem a variação da temperatura sofrida pela barra com a variação no seu comprimento, chegando ao conceito de dilatação térmica, objetivo dessa etapa.

Agora se faz necessário a relação do conceito descoberto pelos alunos com o seu próprio cotidiano. O objetivo aqui é mostrar a importância do estudo desse fenômeno. Para isso o professor fez a seguinte pergunta:

“Vocês conseguem ver o fenômeno da dilatação no dia-a-dia de vocês?”

Essa pergunta serve como uma atividade de sistematização do conhecimento no momento em que os alunos relatam, para o professor e seus colegas de classe, fatos do seu cotidiano relacionados com o novo conceito descoberto por eles mesmo. Pedir que os alunos escrevam e desenhem sobre o que desenvolveram na aula também serve como uma atividade de sistematização, agora uma atividade individual.

1.4 Demonstração investigativa 02

Objetivo: Gerar condições para que os alunos verifiquem quais os fatores que influenciam na Dilatação Térmica de um Sólido.

Nessa etapa é feito uso de um novo experimento, o Dilatador Linear duplo de baixo custo (experimento 02). Ao apresentar aos alunos o experimento 02, mostra-se que nele estão contidos dois circuitos elétricos que estão inicialmente abertos. Podemos chamar de circuito 01 aquele que contém o LED amarelo e circuito 02 o que contém o LED vermelho. Os circuitos estão abertos uma vez que as placas situadas nas hastes maiores não estão em contato. (Ver Figura 09).

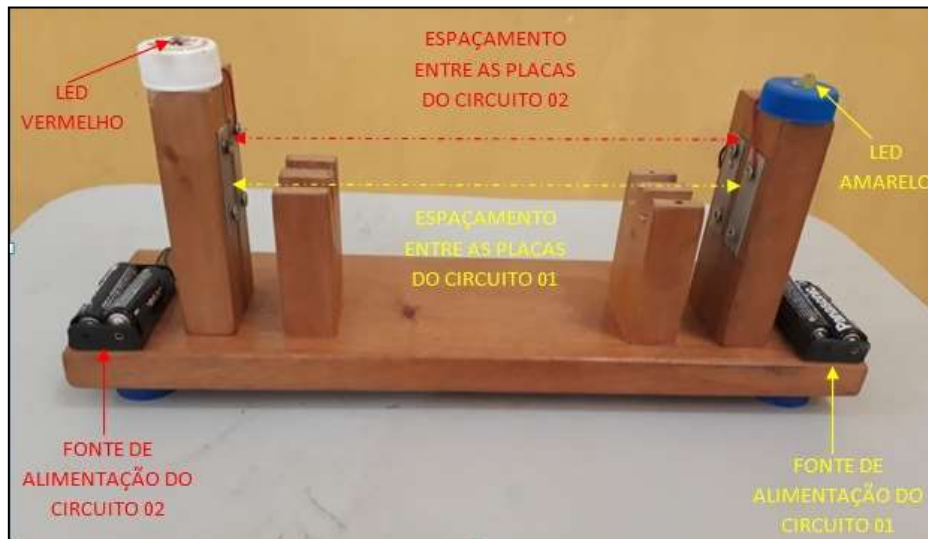


Figura 09: Imagem mostrando o espaçamento entre as placas, LED's e fontes de alimentação do circuito elétrico contido no experimento 02. **Fonte:** Arquivos do autor.

Mais uma vez um fio condutor pode ser usado para colocar em contato indireto as duas placas de cada circuito, fechando-os assim e fazendo os LED's funcionarem, mostrando aos alunos o bom funcionamento do experimento (Ver Figura 10a e 10b).

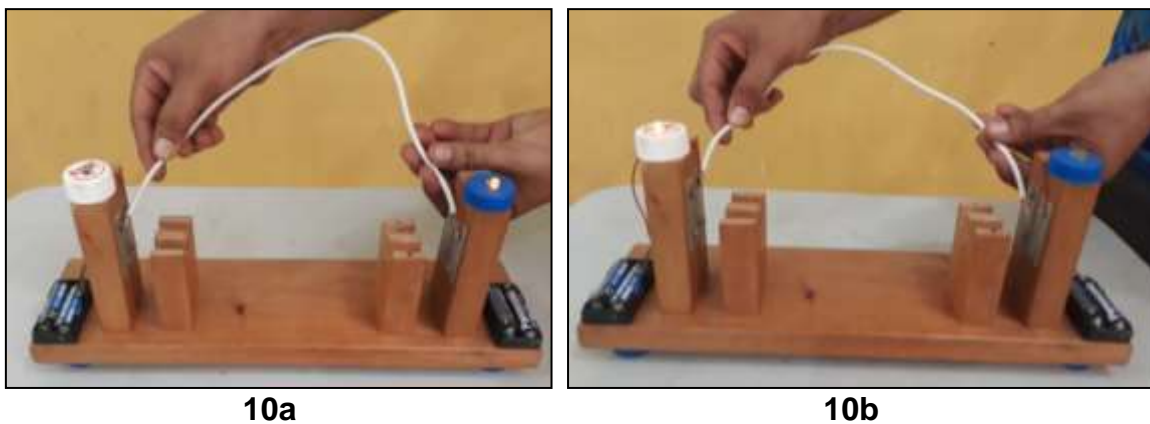


Figura 10: Imagem mostrando o contato direto entre as placas através de um fio condutor provocando o acionamento dos circuitos elétricos. **Fonte:** Arquivo do autor.

O problema que dá continuidade à atividade investigativa é:

Quais os principais fatores que influenciam na dilatação da barra fazendo o circuito elétrico fechar?

Para a solução do problema, são dispostos em uma mesa, os mesmos materiais usados no problema 01 assim como também os listados abaixo:

- Dilatador linear duplo de baixo custo (experimento 02);
- Barra de alumínio de 1 (barra menor)
- Barra de alumínio de 2 (barra maior)
- Barra de cobre de 1 (barra menor)
- Barra de cobre de 2 (barra maior)
- Álcool em gel;
- Isqueiro;
- Fogareiro 1(menor);
- Fogareiro 2(maior).

O experimento 02 possibilita que alguns parâmetros sejam variados, como por exemplo, a intensidade da fonte de calor e os comprimentos e natureza das barras metálicas. Isso torna essa demonstração investigativa mais complicada, exigindo um maior nível de atenção dos alunos na busca pela solução do problema.

Agora, com o problema proposto, os alunos, mais uma vez, tiveram um tempo para levantar as hipóteses para a solução do problema. Com base nas atividades anteriores, acredita-se que as hipóteses mais prováveis que podem ser geradas pelos alunos são:

Hipótese 1- “os corpos com maior temperatura irão aumentar mais de tamanho”

Hipótese 2- “vai depender do material que constitui o corpo”

Hipótese 3- “os corpos maiores irão dilatar mais”

Depois de levantadas todas as hipóteses o professor pergunta aos alunos como elas podem ser testadas.

Não dá para afirmar quais irão ser as formas de testar as hipóteses geradas pelos alunos, então vamos sugerir algumas formas. A primeira pode ser testada colocando duas barras de mesmo material e comprimentos diferentes

no experimento 02 e, em seguida, acrescentando a fonte de calor (ver Figura 11)



Figura 11: Realização do procedimento experimental sugerido pela aluna A5. **Fonte:** Arquivo do autor.

Ao realizar o procedimento e esperar alguns minutos, será possível notar, quando a barra maior dilatar, que apenas um LED irá acender indicando o acionamento de apenas um dos circuitos do experimento 02 (ver Figura 12a). O outro circuito, de onde faz parte a barra de comprimento ligeiramente menor, não é fechado, pois a dilatação da barra menor não é o suficientemente grande para gerar o acionamento do circuito (ver Figura 12b).



Figura 12a: Imagem mostrando o acionamento do circuito 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

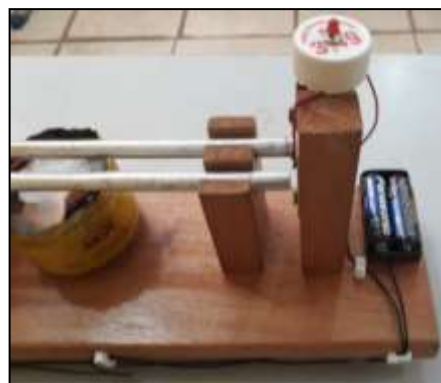


Figura 12b: Imagem mostrando o espaçamento ainda existente entre a barra de alumínio menor e uma das placas do circuito 02. **Fonte:** Arquivo do autor.

Espera-se que os alunos tomem consciência que de a dilatação em uma barra é limitada e que o tamanho inicial da barra (tamanho antes do aquecimento) é um fator indispensável no acionamento dos circuitos elétricos.

A segunda hipótese pode ser testada colocando duas barras de mesmos comprimentos e constituídas de diferentes materiais (cobre e alumínio) no

experimento 02, colocando em seguida a fonte de calor abaixo das barras (ver Figura 13). Depois de alguns segundos será possível notar que o circuito que contém a barra de alumínio fecha e só depois de mais alguns segundos fecha o circuito que contém a barra de cobre.



Figura 13: Realização do procedimento experimental possivelmente sugerido por um aluno. **Fonte:** Arquivo do autor.

Depois da realização de mais esses procedimentos espera-se que os alunos observem uma relação do matéria que constitui a barra com a sua dilatação, chegando ao entendimento que alguns matérias dilatam a uma taxa mais rápida em relação a outros.

A última hipótese pode ser testada usando experimento 01 e fontes de calor diferentes. Primeiro coloca-se a fonte de calor menor debaixo da barra e verifica-se o tempo necessário para o acionamento do circuito elétrico (ver Figura 14).



Figura 14: Fonte de calor menor colocada abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

Em seguida a mesma barra é submetida a qualquer processo que a leve novamente a temperatura ambiente e depois ela é colocada novamente no experimento 01. Abaixo da barra é colocada a fonte de calor maior medindo novamente o tempo necessário para acionamento do circuito (ver Figura 15).



Figura 15: Fonte de calor maior colocada abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

Novamente a barra é levada à temperatura ambiente e posteriormente colocada no experimento 01. Agora, abaixo da barra são colocadas as duas fontes de calor (maior e menor) e, mais uma vez, o tempo para o acionamento do circuito é medido (ver Figura 16).



Figura 16: As duas fontes de calor, maior e menor, colocadas ao mesmo tempo abaixo da barra no experimento 01. **Fonte:** Arquivo do autor.

Ao término desse procedimento, constata-se uma dependência direta da dilatação da barra com a fonte de calor. O tempo de acionamento do circuito

trona-se menor a medida que aumentamos a intensidade da fonte de calor, ou seja, a dilatação tem relação direta com a variação de temperatura.

Se os alunos chegarem a essas três relações – comprimento inicial da barra; sua natureza do material e variação de temperatura sofrida por ela – como fatores que influenciam no acionamento dos circuitos, portanto na dilatação das barras, o objetivo principal desse produto estará terá sido alcançado.

1.5 Aula Teórica

Durante a aplicação da SEI, apenas os conceitos relacionados a dilatação linear foram abordados. No entanto, o conteúdo programático escolar referente a dilatação térmica vai mais além. Dessa forma, foi necessário o planejamento de uma aula teórica visando a complementação desse conteúdo com os tópicos restantes já que esses alunos também têm que ser preparados para prestarem processos seletivos para poderem ingressar no ensino superior.

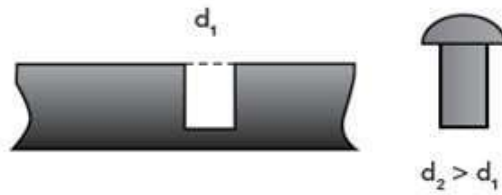
Dilatação superficial e volumétrica dos sólidos; dilatação dos líquidos e comportamento térmico dos gases são os temas abordados na aula teórica.

1.6 Teste propostos aos alunos com questões de vestibulares

Com a finalidade de verificar se o conteúdo ministrado na SEI foi absorvido de forma qualitativa e quantitativa pela turma, um teste com quatro questões foi aplicado. Esse teste contém questões conceituais e matemáticas referente as dilatações linear e superficial dos sólidos retiradas de vestibulares.

TESTES PROPOSTOS

1. (Olimpíada Brasileira de Física) A figura ilustra uma peça de metal com um orifício de diâmetro d_1 e um pino de diâmetro d_2 ligeiramente maior que o orifício d_1 , quando à mesma temperatura.



Para introduzir o pino no orifício, pode-se:

- aquecer ambos: o orifício e o pino.
- aquecer o pino e resfriar o orifício.
- resfriar o pino.
- resfriar o orifício.
- resfriar ambos: o orifício e o pino.

2. (CEFET-MG 2009) Uma placa de material metálico apresenta um orifício de pequenas dimensões. Ao ser aquecida, sua superfície _____ e o orifício _____.

Os termos da opção que preenchem, corretamente, as lacunas são:

- Dilata, dilata.
 - Dilata, contrai.
 - Contraí, contraí.
 - Não se altera, dilata.
 - Contraí, não se altera.
3. (UNIVESP – SP - Adaptada) A dilatação térmica dos sólidos é um fenômeno importante em diversas aplicações de engenharia como construções de pontes, prédios e estradas de ferro. Considere o caso dos trilhos de trem serem de aço, cujo coeficiente de dilatação é $11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ se a 10°C o comprimento de um trilho é de 30 cm, de quanto aumentaria o seu comprimento se a temperatura aumentasse para 40°C ?
- $11 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $33 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $99 \times 10^{-4} \text{ m}$
 - $132 \times 10^{-4} \text{ m}$

e) $165 \times 10^{-4} \text{ m}$

4. (CEFET - MG) Para que uma barra metálica, cujo coeficiente de dilatação linear é $2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, com 10 metros de comprimento inicial, apresente uma dilatação de 1 cm, a variação de temperatura necessária, em graus Celsius, é?

- a) 10
- b) 20
- c) 50
- d) 100
- e) 200