



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**JOSÉ ROSENDO JUNIOR**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE  
UM EXPERIMENTO VIRTUAL**

**FORTALEZA**

**2024**

JOSÉ ROSENDO JUNIOR

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE UM  
EXPERIMENTO VIRTUAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R725s Rosendo Junior, José.  
Uma sequência didática sobre dilatação térmica com o uso de um experimento virtual / José Rosendo Junior. – 2024.  
89 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Dilatação térmica. 2. Experimento virtual. 3. Termologia. I. Título.

CDD 530.07

---

JOSÉ ROSENDO JUNIOR

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE UM  
EXPERIMENTO VIRTUAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 20/08/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ivan Carneiro Jardim  
Universidade Regional do Cariri (URCA)

A Deus.

À minha família, e à minha noiva.

## AGRADECIMENTOS

À Instituição CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Dr. Nildo Loiola Dias, pela excelente orientação.

À minha mãe, por sua criação e exemplo.

Às minhas irmãs, que desde sempre me incentivaram a seguir meus sonhos e objetivos.

À minha noiva, que sempre foi motivo de inspiração e me auxiliou durante todo o meu percurso acadêmico.

Aos meus familiares, por todo o apoio e compreensão.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Em especial, à Universidade Federal do Ceará e aos seus docentes, que contribuíram com a minha formação acadêmica, sendo assim, personagens da formação de um mundo melhor.

Uma sequência didática bem estruturada pode favorecer um encadeamento de grandes temas correlatos, evidenciando a ligação que existe entre as grandes áreas de uma disciplina ou até mesmo, em um horizonte mais amplo, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. (Rowerde, 2020, p. 3).

## RESUMO

O trabalho apresentado nesta dissertação tem como objetivo a apresentação de uma sequência didática de ensino sobre a dilatação térmica, fazendo uso de um experimento virtual que simula uma prática laboratorial de medição da dilatação de alguns materiais, podendo ser manipulados de maneira a se assemelhar bastante com uma prática real, realizada em laboratórios físicos. Inicialmente é feito uma descrição histórica do ensino da Física no Brasil, e uma revisão bibliográfica a respeito da dilatação térmica e do coeficiente de dilatação térmica, linear, superficial e volumétrico, dos materiais. Em seguida, é apresentada a importância da experimentação no auxílio do ensino da Física e os benefícios da utilização de experimentos virtuais para suprir a falta de laboratórios físicos reais. De maneira a legitimar a proposta de sequência didática apresentada neste trabalho, foi aplicado um questionário aos alunos de uma turma de 2º ano do ensino médio, no início da sequência didática e reaplicado ao final desta, de maneira que verificamos um aumento no índice de resolução correta do questionário, por parte dos alunos. Desta maneira, a metodologia apresentada aqui, de uma sequência didática utilizando um experimento virtual, se mostra eficiente no ensino da dilatação térmica, podendo contribuir com a aprendizagem dos alunos.

**Palavras-chave:** dilatação térmica; experimento virtual; termologia.

## ABSTRACT

The work presented in this dissertation aims to present a didactic sequence of teaching about thermal expansion, making use of a virtual experiment that simulates a laboratory practice of measuring the expansion of some materials, which can be manipulated in a way that is very similar to a real practice, carried out in physical laboratories. Initially, a historical description of the teaching of Physics in Brazil is made, and a bibliographic review regarding the thermal expansion and the thermal expansion coefficient, linear, superficial and volumetric, of the materials. Then, the importance of experimentation in helping the teaching of Physics and the benefits of using virtual experiments to overcome the lack of real physical laboratories is presented. In order to legitimize the proposal of didactic sequence presented in this work, a questionnaire was applied to the students of a 2nd year high school class, at the beginning of the didactic sequence and reapplied at the end of it, so that we verified an increase in the rate of correct resolution of the questionnaire by the students. In this way, the methodology presented here, of a didactic sequence using a virtual experiment, proves to be efficient in teaching thermal expansion, and can contribute to student learning.

**Keywords:** thermal expansion; virtual experiment; thermology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Variação nas dimensões da molécula quando aquecida.....	23
Figura 2	Dilatômetro simples.....	26
Figura 3	Dilatômetro com aquecimento por banho térmico.....	26
Figura 4	Variação da área de uma chapa com um orifício em seu centro.....	28
Figura 5	Tabela - Área de Conhecimento x Ano de Publicação.....	31
Figura 6	Cotidiano, Construção de Equipamentos e Novas Tecnologias x Ano de Publicação.....	32
Figura 7	Simulação de dilatação térmica desenvolvida por Andrew Duffy em HTML5....	32
Figura 8	Simulação de dilatação térmica desenvolvida por Luciano Troilo no GeoGebra.	33
Figura 9	Simulação da dilatação linear.....	34
Figura 10	Simulação da dilatação superficial.....	34
Figura 11	Simulação da dilatação linear relativa.....	35
Figura 12	Dilatômetro caseiro usado na aula expositiva.....	41
Figura 13	Tela inicial do experimento virtual usado .....	43
Figura 14	Tela inicial do experimento virtual de dilatação térmica com o relógio comparador e a régua à mostra.....	44
Figura 15	Tabelas do roteiro de pratica experimental adaptado.....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Quantitativo de alunos que acertaram, julgaram não saber ou erraram as questões do questionário em sua primeira aplicação.....	48
Gráfico 2	Quantitativo de alunos que acertaram, julgaram não saber ou erraram as questões do questionário em sua segunda aplicação.....	49
Gráfico 3	Medida do coeficiente de dilatação térmica linear do aço obtida pelos alunos por meio do processo experimental feito através do experimento virtual.....	50
Gráfico 4	Medida do coeficiente de dilatação térmica linear do aço obtida pelos alunos por meio do processo experimental feito através do experimento virtual.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Coeficiente de dilatação linear das substâncias.....	25
Tabela 2	Questionário aplicado com os itens e a resposta correta em cada questão. ....	39
Tabela 3	Plano de aula da primeira aula.....	42
Tabela 4	Plano de aula da segunda aula.....	46
Tabela 5	Plano de aula da terceira aula.....	47
Tabela 6	Percentual de erros do questionário na primeira e segunda aplicação.....	52

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	15
2.1	<b>O ensino de Física no Brasil</b> .....	15
2.2	<b>A experimentação no ensino da Física e uma abordagem por meio de simulações</b> .....	18
2.3	<b>A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel</b> .....	21
3	<b>DILATAÇÃO TÉRMICA</b> .....	23
3.1	<b>Dilatação linear e o coeficiente de dilatação linear</b> .....	24
3.2	<b>Dilatação superficial e o coeficiente de dilatação superficial</b> .....	27
3.3	<b>Dilatação volumétrica e o coeficiente de dilatação volumétrica</b> .....	29
4	<b>EXPERIMENTOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DILATAÇÃO TÉRMICA: UMA REVISÃO LITERÁRIA</b> .....	31
5	<b>METODOLOGIA</b> .....	37
5.1	<b>Produto educacional</b> .....	37
5.2	<b>Aplicação do produto educacional</b> .....	37
5.2.1	<i>Aula 01</i> .....	38
5.2.2	<i>Aula 02</i> .....	43
5.2.3	<i>Aula 03</i> .....	47
6	<b>RESULTADOS</b> .....	48
7	<b>CONCLUSÃO</b> .....	52
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54
	<b>APÊNDICE A – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO ADAPTADO: DILATAÇÃO TÉRMICA</b> .....	57
	<b>APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	59

## 1 INTRODUÇÃO

A física é uma disciplina que estuda os fenômenos naturais presentes em nosso cotidiano. Para isso, se faz necessário o seu ensino não só de maneira teórica, mas também por meio da experimentação, de maneira a tornar a aprendizagem mais significativa. Uma aula de física que une o teórico ao experimental possibilita ao estudante um aprendizado mais completo, dando sentido aos conceitos e teorias que esta disciplina aborda.

Mesmo sabendo dos benefícios que as práticas experimentais trazem na aprendizagem dos estudantes, muitas vezes os professores da educação básica do nosso país não fazem uso dessas metodologias de ensino, isso se dá muitas vezes por não termos em nossas escolas laboratórios próprios e equipados para esses tipos de aula.

O trabalho aqui apresentado traz uma alternativa para essa problemática encontrada em diversas escolas. Fazendo uso de uma sequência didática que une a metodologia de aula expositiva com a prática experimental, por meio de um experimento virtual, busca-se analisar os pontos favoráveis na aplicação dessa metodologia, no ensino de dilatação térmica, para os estudantes do segundo ano do ensino médio da educação básica escolar.

No Capítulo 2: Fundamentação Teórica, é descrito o processo de ensino da física no nosso país, ao longo dos anos, até os dias atuais, em seguida é abordado a importância da experimentação no ensino da física e os benefícios dessa prática por meio de experimentos virtuais, finalizando este tópico com a apresentação da teoria da aprendizagem significativa, de Ausubel, que possui uma grande importância na aprendizagem dos alunos quando expostos a novos conceitos.

Em seguida, no terceiro capítulo, é feita uma revisão a respeito do conteúdo de dilatação térmica da maneira como é apresentado este assunto aos estudantes do ensino médio das escolas de educação básica. O capítulo descreve o que é dilatação térmica e demonstra como são os 3 tipos de dilatação térmica de um material.

No capítulo seguinte foi feito o levantamento bibliográfico de trabalhos que descrevem o ensino de dilatação térmica por meio de experimentos virtuais, fazendo-se um levantamento dos tipos de laboratórios virtuais presentes na internet que possibilitam uma prática experimental.

No quinto capítulo é descrito a metodologia de aplicação do produto educacional desenvolvido neste trabalho. Ela consiste em uma sequência didática, composta por três aulas de 50 minutos cada, em que cada aula possui um conjunto de objetivos específicos, desde o

levantamento de conhecimentos prévios dos alunos, por meio da aplicação de um questionário, passando pela apresentação do conteúdo e da prática experimental virtual, guiada por um roteiro de prática, até o momento final em que é avaliado o aprendizado dos alunos, por meio da reaplicação do questionário inicial. Tudo isso com a finalidade de um ensino mais completo e eficaz do assunto abordado.

Por fim, no sexto capítulo deste trabalho, é feita uma análise dos resultados obtidos com a aplicação inicial do questionário de conhecimentos prévios, da primeira aula, e a sua reaplicação na última aula, buscando verificar as mudanças nas respostas dadas pelos alunos, e se houve uma melhora na quantidade de respostas corretas. Além disso, também é feito um comparativo do cálculo do coeficiente de dilatação linear do aço e do latão, obtido pelos alunos, na aula prática, por meio do experimento virtual, com os valores corretos para esses coeficientes de dilatação linear.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O ensino de Física no Brasil

A educação é uma parte importantíssima no desenvolvimento da sociedade e na construção de um mundo melhor, para aqueles que a compõem.

O ensino da Física, no Brasil, teve seu início no Período Colonial, com os jesuítas, que lecionavam esta disciplina dentro do ensino da Filosofia. O ensino jesuíta disponibilizava três tipos de cursos, conhecidos como: Cursos inferiores, Curso médio e Ciclo superior. Esses cursos são descritos, de acordo com Klein (2016, p. 6):

Os Cursos Inferiores eram as escolas elementares de ler e aprender, como uma extensão da catequese, onde se ofereciam a doutrina cristã, conhecimentos elementares e, para os alunos mais dotados, iniciação musical. A etapa seguinte era o Curso Médio, que oferecia Gramática, Humanidades e Retórica para os alunos que haviam se destacado intelectualmente na fase anterior, alguns dos quais eram enviados depois à Universidade de Coimbra ou da Espanha, para realizar os estudos superiores. A maioria dos alunos do Curso Médio era direcionada para o aprendizado profissional e agrícola, que teve início no Colégio de São Vicente. O Ciclo Superior era integrado pelas Faculdades de Filosofia e Teologia, criadas pela primeira vez no Brasil, em Salvador da Bahia, em 1572.” (Klein, 2016, p. 6)

Mesmo naquela época em que os jesuítas faziam uso de uma metodologia que tinha como cerne a Literatura e a Retórica, sem prática experimental nenhuma, ocorreu um esboço de tentar ensinar através da observação de fenômenos meteorológicos, como destaca Almeida Junior (1979, p. 46) “Durante os meses de verão, na última hora da tarde, um extraordinário professor observava e descrevia a geografia física do céu para seus alunos que faziam mapas e previsões dos movimentos estelares”.

Por volta de 1837, é criado o colégio Pedro II, que tem como inspiração os colégios franceses, como descreve Peres (2005):

A exemplo dos colégios franceses, o Regulamento, de 31 de janeiro de 1838, introduziu os estudos simultâneos e seriados no Pedro II, organizados em um curso regular de seis a oito anos de duração. O currículo do novo colégio compunha-se de: línguas latina, francesa, grega e inglesa, a gramática nacional e a retórica, a geografia e a história, as ciências naturais, as matemáticas, a música vocal e o desenho (Peres, 2005, p. 56).

Mesmo não tendo um ensino isolado de Física, no colégio Pedro II, esta matéria era ensinada juntamente com a de Química, na disciplina de Ciências Físicas, tendo como seu professor, Emilio Joaquim da Silva Maia, sendo, no Brasil, o primeiro professor a ensinar Física e Química. Emilio tinha como livro base, utilizado em suas aulas, *La physique réduite en tableaux raisonnés*, do autor Etienne Barruel, de 1798, no qual Sampaio e Santos (s.d.) vem

Ihe descrever da seguinte maneira:

Nessa obra, os assuntos são apresentados por um conjunto de definições e não há nenhuma fórmula ou gráfico. Barruel define física como a ciência que considera as propriedades dos corpos naturais, em contraste com a história natural, que tem como objeto o estudo de suas variedades e organização, e a química que considera suas combinações. De acordo com a primeira tabela intitulada “Tabela Geral da Física”, o autor lista 21 propriedades físicas fundamentais, divididas em dois grupos maiores, o primeiro grupo compreende as propriedades que “afetam os corpos de maneira constante” (extensão, impenetrabilidade, mobilidade, inércia, gravidade) e o segundo é constituído das propriedades “que afetam os corpos de maneira variável” (porosidade, sonoridade, afinidade, calorimetria, eletricidade, elasticidade, solidez, liquidez, gasometria, capilaridade, higrometria, meteorologia, cristalinidade, claridade, magnetismo, galvanismo). (Sampaio; Santos, 2007, p. 4)

Foi somente com a Proclamação da República que a educação e o ensino vieram a ter mudanças significativas. Foram adicionados à educação básica as disciplinas de Matemática, Astronomia, Física, Química, Biologia e Sociologia.

Apesar dessas mudanças, a Física era ensinada quase que exclusivamente por meio de cálculos e teorias, e sem nenhuma prática laboratorial, o que ocasionou, em 1903, um projeto de lei que pretendia incluir a obrigatoriedade de laboratórios para o ensino de conteúdos da Física e da Química, porém tal medida não obteve resultados satisfatórios, como descreve Almeida Junior (1978, p. 58-59),

Todas as reformas de ensino secundário, no primeiro período republicano, mostraram grande hesitação além de absoluta falta de espírito de continuidade no estudo e nas soluções dos problemas fundamentais de organização educacional, quando não ofereciam diretrizes e quadros esquemáticos excessivamente rígidos que cerceavam a liberdade das escolas organizarem seus laboratórios e desenvolverem seus próprios métodos. A educação ilusoriamente científica de inspiração comteana ficou longe de realizar uma legítima formação de cientistas por meio de profundos estudos das ciências exatas, sem detrimento da parte experimental, que é a própria instrumentalização dessas ciências. (Almeida Junior, 1978, p. 58-59)

Mais tarde, no Brasil, em 1956, com o crescimento do desenvolvimento científico e tecnológico nos Estados Unidos, tem início aquilo que ficou conhecido como a era dos projetos, no ensino de Física, Química e Biologia. Era na qual tinha como base para o desenvolvimento dessas disciplinas os parâmetros utilizados no ensino dos Estados Unidos. Os projetos tinham como cerne a produção de textos e o uso de materiais experimentais, no ensino das Ciências Exatas. Um dos principais projetos usados no ensino de Física no Brasil foi o *Physical Science Study Committee* - PSSC.

Apesar de ser um dos precursores do ensino da Física no Brasil, o PSSC não levou em consideração aspectos importantes no processo da aprendizagem, considerando apenas a proposta de ensino, como destaca Moreira (2000):

(...) os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física

(experimentos, demonstrações, projetos, “*hands on*”, história da Física,...), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural. (Moreira, 2000, p. 95)

A consolidação e unificação do sistema educacional brasileiro só veio a ter início com a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB, de 1961, na qual foi possível dar autonomia aos estados, mesmo definindo normas que deveriam guiar a educação nacional.

Esta lei foi reformulada em 1996, e posteriormente ganhou um complemento, por parte do ministério da educação e cultura – MEC, que criou os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs, no qual aponta competências relacionadas ao ensino de Física, distribuídas em três blocos, que são: (1) Representação e comunicação, (2) Investigação e compreensão e (3) Contextualização sociocultural.

Ainda de acordo com os PCNs (2002), o conhecimento, no que diz respeito ao ensino da Física, encarrega-se de:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (Brasil, 2002, p.229).

O ensino de Física no Brasil passa, posteriormente, por mais um processo de mudança, no que diz respeito ao seu documento norteador. Isso ocorreu devido à criação da Base Nacional Comum Curricular – BNCC.

De maneira mais completa e específica, a BNCC, de 2018, vem trazer as diretrizes norteadoras para o ensino de Física na educação básica do Brasil, tendo, tal documento, como alguns dos objetivos principais relacionados ao ensino de Física a: Compreensão dos conceitos fundamentais, Investigação e experimentação, Contextualização, Integração com outras áreas do conhecimento e Desenvolvimento de habilidades.

Assim, observamos a trajetória de implantação da disciplina de Física até ela se estabelecer nas escolas do nosso país. Atualmente essa disciplina se consolida como essencial no desenvolvimento científico e tecnológico, estando presente em diversas áreas que compõem a nossa sociedade, o que fortalece sua importância de ensino na educação básica das nossas escolas.

## 2.2 A experimentação no ensino da Física e uma abordagem por meio de simulações

Apesar da Física ser uma disciplina científica, que envolve e descreve muitos fenômenos naturais que estão presentes no cotidiano de muitos estudantes, o ensino de Física no Brasil muitas vezes se tornar cansativo e entediante, por ser abordado de uma maneira tradicional, que muitas vezes faz o uso extensivo de uma abordagem de ensino baseada em equações e fórmulas matemáticas, para tentar descrever o funcionamento de tais fenômenos naturais.

A educação tradicional tem como característica uma aprendizagem passiva, em que os alunos não fazem uso de uma participação ativa. Tem como foco uma metodologia baseada na repetição e memorização dos assuntos, por parte dos alunos, na qual o professor é o detentor único do conhecimento e o aluno um coletor das informações ali apresentadas.

Para tentar descrever o funcionamento de tais fenômenos naturais, esta metodologia é criticada pelos PCN (1999), quando cita:

O ensino de Física tem-se realizado, frequentemente, mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. (Brasil, 1999, p. 84)

Para Piaget, segundo a sua teoria, a interação do indivíduo com o ambiente é fundamental para o seu desenvolvimento cognitivo e para a construção de suas estruturas mentais. De acordo com Gaspar (2003), a formação das estruturas mentais pode vir a ser bastante afetadas se tiver uma interação fraca, gerando uma demora na formação de tais estruturas, o que ocasiona um prejuízo na aprendizagem, uma vez que o indivíduo só tem a capacidade de aprender quando possui estruturas mentais bem formadas, que possibilitam esta atividade.

Mais importante que ensinar determinado conteúdo seria capacitar a mente para aprender esse conteúdo. E capacitar a mente significa estimular e apressar a formação das estruturas mentais para que elas existam quando necessário. Na visão de Piaget, a atividade experimental adequadamente desenvolvida é a prática pedagógica mais relevante (Gaspar, 2003, p. 14).

A experimentação tem grande importância no ensino da Física, uma vez que possibilita a participação ativa do aluno e demonstra o funcionamento prático daquilo que é abordado em sala de aula, no ensino teórico desta disciplina

Podemos observar anteriormente que desde 1903 busca-se inserir a experimentação no

ensino da Física, devido à sua importância, impondo por meio de lei a obrigatoriedade da prática laboratorial no ensino de tal disciplina.

Destacando a importância do uso de experimentos, os PCN (2002) vêm nos descrever a importância do ensino da física atrelado a esta prática:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (Brasil, 2002, p. 84).

É importante ressaltar ainda o estudante como um agente prioritário na prática, de modo que possa vir a desenvolver estratégias que lhe capacitem na solução de problemas, de acordo com os atributos científicos necessários, como reforça a BNCC (2018):

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (Brasil, 2018, p. 551).

Mesmo sabendo da importância da experimentação no ensino da Física, e de seus benefícios na aprendizagem do aluno, essa metodologia muitas vezes não é utilizada na educação básica de nossas escolas, por diversos motivos. Podem ser eles devido à inexistência de laboratórios nas escolas, ou até mesmo o quantitativo reduzido de materiais experimentais, reduzindo, assim, uma aula de prática laboratorial para apenas uma demonstração visual do experimento, por parte do professor.

Uma alternativa para essa problemática é a utilização de simulações computacionais que possibilitam a experimentação virtual de fenômenos físicos e ampliam a interação do aluno durante a aula. Isso gera uma motivação aos estudantes, devido aos benefícios da utilização de simulações virtuais, como nos fala Moreira (2017):

É claro que laboratórios tradicionais são importantes no ensino de ciências, mas muitas vezes não são usados ou não existem nas escolas. Laboratórios virtuais podem motivar os alunos a contribuir para o desenvolvimento de competências científicas: 1. os alunos podem modificar características de modelos científicos; 2. podem criar modelos computacionais; 3. podem fazer experimentos sobre fenômenos não observáveis diretamente. 4. Criar ambientes online que usem dados individuais armazenados de estudantes, para guiá-los em experimentos virtuais apropriados para seus conhecimentos prévios e seus estágios de desenvolvimento cognitivo (Moreira, 2017, p. 11).

São diversos os benefícios que obtemos com a utilização destes laboratórios virtuais, além de reduzir problemáticas significativas quanto a experimentação, uma vez que favorece o

ensino e possibilita a facilitação de demonstrações experimentais de procedimentos que podem ser inviáveis para laboratórios escolares, como por exemplo experimentos mais complexos, que necessitam de ambientes qualificados para sua execução ou, até mesmo, aqueles que usam materiais de alto valor financeiro. Além disto, existem diversas outras vantagens no uso de simulações computacionais, como nos traz Medeiros e Medeiros (2002)

“Reduzir o 'ruído' cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica; apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos; tornar conceitos abstratos mais concretos; reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos; servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades do raciocínio crítico; fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos; auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual” (Medeiros; Medeiros, 2002, p. 3).

Porém, se faz necessário pontuar que os experimentos computacionais, por meio de simulações, têm o objetivo de auxiliar uma falta de laboratórios físicos reais, ou uma escassez de materiais para o procedimento laboratorial. Essas simulações se aproximam de experimentos reais, mas possuem suas limitações, como destaca ainda Medeiros e Medeiros (2002).

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes (Medeiros; Medeiros, 2002, p. 81).

Mesmo diante de tais limitações, as simulações computacionais se mostram ainda eficazes e importantes no fortalecimento da aprendizagem por meio da experimentação. Mas, tais simulações precisam estar aliadas à uma boa orientação e um uso consciente por parte dos estudantes, não sendo algo solto e sem finalidade educacional, como nos fala Pietrocola e Brockinton (2007):

Pensamos que simplesmente lançar mão de recursos computacionais não garante e nem implica em um ensino de qualidade, através do qual os estudantes realmente possam construir seus conhecimentos. Porém, como qualquer ferramenta, seu uso racional, orientado, tendo seu uso direcionado por suas capacidades e, principalmente, suas limitações pode conduzir a belíssimas obras de arte (Pietrocola; Brockinton, 2003, p. 4-5).

Mais à frente, neste trabalho, veremos a utilização de um experimento computacional no ensino de dilatação térmica, favorecendo a compreensão da variação do comprimento de um material devido à mudança de temperatura no qual é exposto. Tal aula experimental não seria possível em um ambiente escolar, como o descrito neste trabalho, uma vez que não se tem material ou laboratório físico necessário para a sua realização.

### 2.3 A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Aprendizagem significativa é uma teoria educacional desenvolvida na década de 1960 por David Ausubel, psicólogo educacional americano, que destaca a importância dos conhecimentos prévios, ou *subsunçores*, como denominado por Ausubel, na absorção de novos conhecimentos, por parte do indivíduo, como descreve Moreira (2009, p. 8).

Um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de ‘conceito subsunçor’ ou, simplesmente ‘subsunçor’, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. (Moreira, 2009, p. 8).

Esta teoria surge em contraponto com a aprendizagem técnica, que vigorava até o fim da década de 1950, em que se fazia uso excessivo de ferramentas que visam a aprendizagem por meio da repetição e memorização, ficando a caráter do professor a função de ensinar, sendo o detentor absoluto de todo o conhecimento, sem levar em consideração o conhecimento não formal e prévio dos indivíduos, e aos alunos cabia a função de receber o conhecimento apresentado e aprender.

Contrariando essa metodologia mecanicista, a teoria da aprendizagem significativa faz uso de uma abordagem em que o aluno assume uma postura mais ativa, diante do conhecimento apresentado, tornando conjunta o processo educacional, entre o aluno e o professor.

Porém, essa mudança postural do estudante, no processo de aprendizagem, não é garantia de uma aprendizagem significativa. Para que ela ocorra, de maneira eficaz e duradoura, Ausubel enfatiza duas importantes condições:

1. o material de aprendizagem tem que ser potencialmente significativo;
2. o aprendiz deve ter predisposição para aprender significativamente.

Na primeira condição, a premissa indicada é que se faz necessário um material de aprendizagem com significado lógico. O material se torna potencialmente significativo quando

consegue se relacionar de forma adequada e relevante com o conhecimento prévio do estudante. Tornando-se, assim, o primeiro passo na aprendizagem significativa. Como descreve Moreira (2006, p.19),

Quanto à natureza do material, este deve ser ‘logicamente significativo’ ou ter ‘significado lógico’, isto é, ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a idéias, correspondentemente relevantes, que se situem no domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável. (Moreira, 2006, p.19).

Dessa maneira, podemos perceber que o material utilizado é essencial, pois o estudante pode não possuir conhecimentos prévios suficientes para ligar aos novos conhecimentos apresentados.

A segunda condição, diz respeito à necessidade do aluno em possuir os conhecimentos prévios, de tal maneira que possa associá-los ao material e às novas informações. Esses *subsunçores* são essenciais na assimilação de novos assuntos, por parte dos alunos. Sem a sua presença, o conhecimento adquirido não interage com informações já existentes. De acordo com Moreira (2009, p. 9-10),

Aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. (Moreira, 2009, p. 9-10).

No ensino da física, por parte dos professores, constantemente é possível fazer o uso dessas associações, entre um conhecimento novo e um *subsunçor* existente. Pode-se perceber isso, por exemplo, na aprendizagem das Leis de Newton, que faz uso do conhecimento prévio de assuntos, como velocidade, aceleração, massa, entre outros, tornando, assim, o ensino da física uma aprendizagem mais contínua e ancorada aos conhecimentos prévios desenvolvidos em cada etapa do aprendizado.

Uma maneira eficaz de associar o novo conhecimento aos já existentes, por parte dos alunos, é por meio da experimentação, que associa o conhecimento adquirido com as realidades vivenciadas em seus cotidianos, mas, para isso, essas experimentações devem ser contextualizadas de maneira que façam sentido para os alunos, conectando-se com situações do mundo real ou problemas relevantes para suas vidas e futuros profissionais.

### 3 DILATAÇÃO TÉRMICA

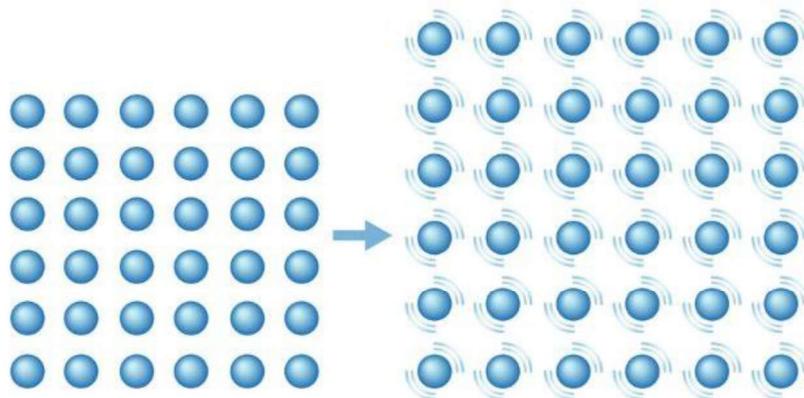
A dilatação térmica é um fenômeno muito comum no cotidiano do aluno. Quase que diariamente ele é exposto a exemplos de materiais em dilatação. Um dos tipos de dilatação mais comuns de se identificar é o de dilatação dos sólidos.

Halliday, et al. (2012, p. 189), em seu livro “Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica”, nos traz um exemplo prático de como podemos observar a dilatação térmica de sólidos.

Às vezes para conseguir desatarraxar a tampa metálica de um pote de vidro, basta colocar o pote debaixo de uma torneira de água quente. Tanto o metal da tampa quanto o vidro do pote se expandem quando a água quente fornece energia aos átomos. Com a energia adicional, os átomos se afastam mais uns dos outros atingindo átomos unidos em um sólido. Entretanto, como os átomos no metal se afastam mais uns dos outros que os átomos do vidro, a tampa se dilata mais do que o pote e, portanto, fica frouxa. (Halliday, *et al*, 2012, p.189)

Este processo de modificação das dimensões de um material sólido se dá devido à mudança de temperatura do mesmo. Quando se tem o ganho de calor por parte de um corpo, este que é composto por moléculas, passa a vivenciar uma agitação, mais intensa, de suas partículas, o que ocasiona um aumento de temperatura. Por conta desta agitação, as moléculas têm a tendência de se espaçarem, passando a ter um distanciamento maior umas das outras. Isso faz com que o corpo aumente suas dimensões, ocasionando uma dilatação. Este mesmo fenômeno ocorre, de forma inversa, quando o objeto tem uma perda de calor, diminuindo sua temperatura, o que ocasiona numa redução de suas dimensões. Esse fenômeno está demonstrado visualmente na Figura 1 a seguir:

Figura 1: Variação nas dimensões da molécula quando aquecida.



Quando falamos de materiais sólidos e seus tipos de dilatações, vamos ter três modelos presentes. Estes são: dilatação linear, dilatação superficial e dilatação volumétrica. Cada um desses modelos se forma a partir da dimensão, ou dimensões, em que ocorre a variação predominante do corpo. Como vamos ver a seguir.

### 3.1 Dilatação linear e o coeficiente de dilatação linear

Quando estudamos dilatação, começamos com materiais unidimensionais, isto é, que tem uma dimensão bem maior do que as demais. Neste caso, consideramos apenas sua variação de comprimento, e não consideraremos as variações de área e de volume.

Nussenzveig (2002, p. 163) nos diz que “a dilatação corresponde a um aumento do espaçamento interatômico médio. Assim, num corpo sólido, se dois de seus pontos estão inicialmente à distância  $L_0$ , a variação  $\Delta L$  dessa distância é proporcional a  $L_0$ ”. Desta maneira, se um objeto, como por exemplo, uma barra metálica, que tem seu comprimento inicial determinado por  $L_0$ , e após uma mudança de temperatura  $\Delta T$ , obtém uma variação na medida do seu comprimento, expresso em  $\Delta L$ . Então, podemos relacionar essa variação de comprimento com a variação de temperatura do material, através da equação abaixo, que podem ser encontradas no livro de física “Curso de Física Básica 2”, de Nussenzveig (2002, p. 163).

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T. \quad 1.1$$

Em que,  $\alpha$  representa o coeficiente de dilatação linear dos materiais. Contudo, mesmo o autor não dando continuidade na descrição das equações, podemos deduzir matematicamente, a partir desta, as que se seguem abaixo.

Apesar do coeficiente de dilatação linear dos materiais se modificar um pouco com a mudança de temperatura, este fenômeno é desprezado para as aplicações práticas do cotidiano, em temperaturas comuns, passando a ter uma característica de valor constante. Podendo ser expresso da seguinte maneira:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}. \quad 1.2$$

No qual observamos que o coeficiente de dilatação térmica do material é diretamente proporcional a sua variação de comprimento e inversamente proporcional a mudança de temperatura, e sua unidade de medida usual é o  $(^\circ C)^{-1}$ .

Da maneira em que detalhando a Equação 1.1 acima em termos de  $\Delta L = L_f - L_0$ , podemos obter:

$$L_f = L_0 + L_0 \alpha \Delta T. \quad 1.3$$

Mesmo sendo muito comum e presente no cotidiano, a dilatação térmica não é facilmente medida. A forma de obtermos medidas tão consistentes, para valores tão pequenos, se dá por meio da utilização de instrumentos próprios para esta tarefa, como, por exemplo, o relógio comparador que fornece medidas com precisão de 0,01 mm. Em sólidos, temos que os valores de  $\alpha$  são bem pequenos, na ordem de  $10^{-5}$  para cada  $^{\circ}\text{C}$ , o que nos dá cerca de 0,01 mm para cada metro por  $^{\circ}\text{C}$ . Desta forma, por exemplo, temos o valor de  $\alpha$ , em  $(^{\circ}\text{C})^{-1}$ , para os seguintes materiais: aço  $1,1 \times 10^{-5}$ , cobre  $1,7 \times 10^{-5}$ , vidro, de  $0,3$  a  $0,9 \times 10^{-5}$ , entre outros, que podem ser vistos na Tabela 1 abaixo.

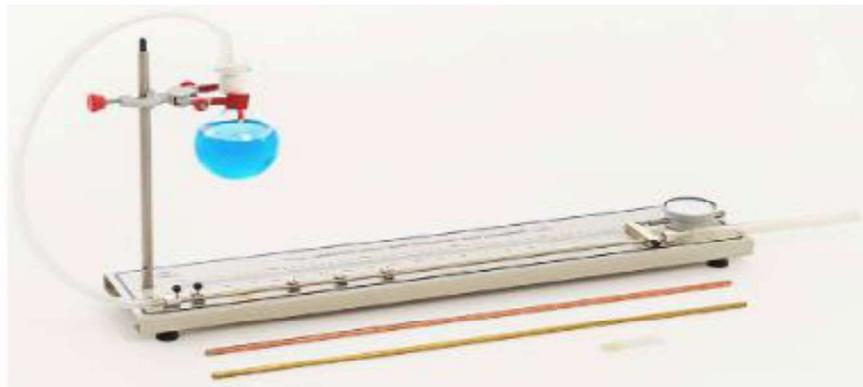
Tabela 1: Coeficiente de dilatação linear das substâncias.

Substância	( $\alpha$ ) em $10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ (max)	( $\alpha$ ) em $10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ (min)	Faixa de temperaturas $^{\circ}\text{C}$
Gálio	120,0	-	-
Índio	32,1	-	-
Zinco	35,0	19,0	100 -390
Chumbo	29,0	26,0	100 -390
Alumínio	25,0	21,0	100 -390
Latão	18,0	21,0	100 -390
Prata	20,0		100 -390
Aço inoxidável	19,0	11,0	540 -980
Cobre	18,0	14,0	100 -390
Níquel	17,0	12,0	540 -980
Ouro	14,0		100 -390
Aço	14,0	10,0	540 -980
Cimento (concreto)	6,8	11,9	Temp. ambiente
Platina	9,0	-	100 -390
Vidro(de janela)	8,6	-	20 -300
Cromo	4,9	-	-
Tungstênio	4,5	-	Temp. ambiente
Vidro Pyrex	3,2	-	20 -300
Carbono e Grafite	3,0	2,0	100 -390
Silício	2,6	-	-
Quartzo fundido	0,6	-	-

Normalmente a dilatação linear de um material pode ser medida por meio de um dilatômetro, que é um equipamento que mede as mudanças de dimensões de um material, quando exposto a uma variação de temperatura. Com base nessa mudança de comprimento do material, é possível identificar o seu coeficiente de dilatação linear. Esses dilatômetros são muito utilizados em laboratórios de ensino em Física, tendo diversos modelos disponíveis no mercado. Normalmente esses instrumentos vem acompanhados de varetas metálicas que possibilitam o seu aquecimento, de maneira a ser possível determinar o coeficiente de dilatação térmica destas varetas.

Na Figura 2 podemos ver uma imagem de um dilatômetro simples e na Figura 3 um dilatômetro com aquecimento por banho térmico.

Figura 2: Dilatômetro simples



Fonte: <https://www.cidepe.com.br/index.php/br/produtos-interna/dilatometro-linear-digital/EQ019A>. Acesso em: 02 mar. 2024.

Figura 3: Dilatômetro com aquecimento por banho térmico.



Fonte: [https://www.3bscientific.com/de/experiment-thermische-ausdehnung-fester-koerper-230-v-5060-hz-8000577-ue2010130-230-3b-scientific,p\\_1413\\_28052.html](https://www.3bscientific.com/de/experiment-thermische-ausdehnung-fester-koerper-230-v-5060-hz-8000577-ue2010130-230-3b-scientific,p_1413_28052.html). Acesso em: 02 mar. 2024.

O funcionamento de um dilatômetro é bem simples: a vareta metálica é colocada apoiada em uma de suas extremidades em um ponto fixo e no outro, há um relógio comparador. Ao ser aquecida, a haste empurra o pino do relógio comparador, fazendo com que ele marque a medida da dilatação do objeto, sabendo, assim, sua variação de comprimento, a medida da temperatura em que ele foi submetido e seu comprimento inicial. Sendo assim, podemos facilmente calcular o coeficiente de dilatação deste material.

### 3.2 Dilatação superficial e o coeficiente de dilatação superficial.

Objetos, como por exemplo o asfalto, chapas metálicas, ou até mesmo placas de concreto, são corpos que possuem uma grande superfície, quando comparada a suas outras dimensões. Assim como os corpos unidimensionais, esses objetos também têm uma variação em suas dimensões quando expostos a uma mudança de temperatura, passando a ter uma mudança maior em sua área.

Essa variação na área do objeto pode ser exemplificada a partir de uma equação matemática, que pode ser obtida do conceito visto anteriormente, de dilatação linear.

De acordo com a Equação 1.2 observamos que  $L_f = L_0 + L_0 \alpha \Delta T$ , e considerando uma superfície quadrada, composta de um material isotrópico, que tem um comportamento igual em todas as direções, e elevando essa equação ao quadrado, obtemos:

$$(L_f)^2 = (L_0)^2 + 2 L_0 L_0 \alpha \Delta T + (L_0 \alpha \Delta T)^2. \quad 1.4$$

Analisando a equação acima, podemos ver que o primeiro termo,  $(L_f)^2$ , representa a área final,  $(A_f)$ , da superfície quadrada, após a dilatação. O termo  $(L_0)^2$  corresponde à área inicial,  $(A_0)$  do objeto, antes de ter início sua dilatação. A variação de dimensões do objeto, sua área de dilatação superficial, pode ser encontrada subtraindo esses dois termos. Como vemos abaixo:

$$(L_f)^2 - (L_0)^2 = \Delta A = 2 (L_0)^2 \alpha \Delta T + (L_0 \alpha \Delta T)^2. \quad 1.5$$

Como  $\alpha$  tem valores muito pequenos, então  $\alpha^2$  será composto de valores baixíssimos, podendo desprezar o último termo da Equação 1.5. Rearranjando a equação acima, obtemos aquilo que é conhecido como a fórmula de dilatação superficial dos sólidos:

$$\Delta A = (A_0) \beta \Delta T. \quad 1.6$$

Em que  $\beta$  simboliza o coeficiente de dilatação superficial do corpo. Podemos, ainda, expressar este coeficiente em termos de coeficiente de dilatação linear, da seguinte forma:

$$\beta = 2 \alpha. \quad 1.7$$

Concluimos que, o aumento da temperatura sobre um corpo de área  $A$ , gera um aumento em suas dimensões iniciais, e com a diminuição da temperatura, obtemos uma redução destas dimensões. Um caso importante de se observar é o de uma placa com um furo em sua superfície, no que diz respeito com o que ocorre com as dimensões desse furo, quando a placa é aquecida.

Podemos acreditar que este furo tende a diminuir seu tamanho devido à dilatação do material que, aos poucos, viria a preencher o espaço ali presente, porém, contrariando o senso comum, isto não acontece, pois as moléculas da extremidade do furo tendem a se afastar, devido à sua agitação, por conta do aumento de temperatura, ocasionando um aumento na área do furo, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Variação da área de uma chapa com um orifício em seu centro.



Fonte: <https://querobolsa.com.br/enem/fisica/dilatacao-superficial-e-dilatacao-volumetrica>. Acesso em: 03 mar.

### 3.3 Dilatação volumétrica e o coeficiente de dilatação volumétrica.

A grande maioria dos objetos sólidos encontrados em nosso cotidiano são compostos de três dimensões, caracterizando um volume. Esses objetos também sofrem alterações em suas dimensões quando expostos a uma variação de temperatura.

Usando como exemplo um cubo, isotrópico, e utilizando o mesmo raciocínio para se chegar à fórmula da dilatação superficial, podemos encontrar a equação da dilatação volumétrica de sólidos.

Elevando a Equação 1.2 ao cubo, chegamos a seguinte expressão:

$$L_f^3 = L_0^3 + 3 L_0^2 L_0 \alpha \Delta T + 3 L_0 (L_0 \alpha \Delta T)^2 + (L_0 \alpha \Delta T)^3. \quad 1.8$$

Semelhante ao que vimos anteriormente,  $(L_f)^3$  é o valor do volume final,  $(V_f)$ . O volume inicial,  $(V_0)$  é representado por  $(L_0)^3$ , e como o termo  $\alpha^3$  assim como  $\alpha^2$  resulta em valores muito pequenos, então podemos excluir os dois últimos termos da equação acima.

Reescrevendo a Equação 1.8, com as observações citadas e expressando a variação do volume em  $\Delta V$ , temos:

$$L_f^3 - L_0^3 = V_0 3 \alpha \Delta T. \quad 1.9$$

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T. \quad 1.10$$

A Equação 1.10 é conhecida como fórmula da dilatação volumétrica dos sólidos, e tem como coeficiente de dilatação volumétrica o  $\gamma$ , que pode ser expressado em termos de coeficiente de dilatação linear, como:

$$\gamma = 3 \alpha. \quad 1.11$$

O conceito de superfície com um furo no meio, e seu processo de dilatação, também é replicado para o exemplo de um cubo com um furo vazado. Quando ocorre um aumento da temperatura deste cubo, também ocorre o aumento do furo ali presente.

Sendo um fenômeno físico característico da natureza dos materiais, em que o aumento de temperatura gera uma variação nas medidas iniciais do material, a dilatação térmica se torna um assunto bastante acessível e fácil de ser exemplificado em sala de aula, favorecendo o ensino. Por outro lado, por ocorrer devido à mudança de temperatura do material, isso acaba dificultando a demonstração experimental deste fenômeno em sala de aula, por conta da problemática em se obter materiais adequados para tais experimentos, ou até mesmo devido à natureza perigosa de tais experimentos, por envolverem alta temperatura, então surge a preocupação com possíveis acidentes nestas práticas laboratoriais. Esse obstáculo pode ser contornado com o uso de experimentos virtuais, que auxiliam o ensino de dilatação térmica em sala de aula.

#### 4 EXPERIMENTOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DILATAÇÃO TÉRMICA: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Apesar de não haver muitos trabalhos acadêmicos que descrevem o uso de experimentos virtuais no ensino de dilatação térmica, para alunos da educação básica, essas ferramentas podem contribuir bastante para o processo de ensino.

Um dos motivos para a falta de utilização dessa metodologia no ensino de dilatação térmica, baseada no uso de ferramentas virtuais, se dá por conta da escassez de *sites* ou aplicativos que disponibilizem laboratórios virtuais com um experimento de dilatação térmica. Ficando, assim, muitas vezes à mercê do professor usar da metodologia tradicional ou de experimentos de baixo custo para demonstrar o assunto de dilatação térmica nas escolas, de modo a tentar favorecer a aprendizagem dos alunos a respeito deste tema.

Em um artigo intitulado “Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades”, de Araújo e Abib (2003), é feito um estudo em que foi examinada as produções recentes no campo das investigações sobre o uso da experimentação como estratégia de ensino de física, chegando à tabela demonstrada na Figura 5, em que temos a distribuição de publicações de acordo com a área de conhecimento.

Figura 5: Tabela - Área de Conhecimento x Ano de Publicação

Área	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total	%
Mecânica	0	1	3	5	1	2	3	2	2	9	28	30,4
Ótica	0	0	3	1	1	1	2	4	3	6	21	22,8
Eletr. Magnetismo	0	4	1	0	0	2	2	5	2	3	19	20,7
Física Moderna	0	1	0	0	0	0	2	2	0	2	7	7,6
Calorimetria	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	4	4,3
Hidrodinâmica	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	4	4,3
Gases	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	3,3
Astronomia	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	3,3
Ondulatória	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3	3,3
Total	0	9	9	9	4	5	10	17	8	21	92	100

Fonte: Araújo e Abib (2003)

Como podemos ver, assuntos como calorimetria e gases não possuem uma grande quantidade de publicações a seu respeito, e não encontramos nada sobre dilatação térmica.

Mais adiante, em seu trabalho, os autores vão mostrar, através de uma tabela, quantos desses trabalhos fazem uso de uma relação com o cotidiano, a construção de novos equipamentos ou a utilização de novas tecnologias, de acordo com os anos de publicação, como mostra a Figura 6.

Figura 6: Cotidiano, Construção de Equipamentos e Novas Tecnologias x Ano de Publicação

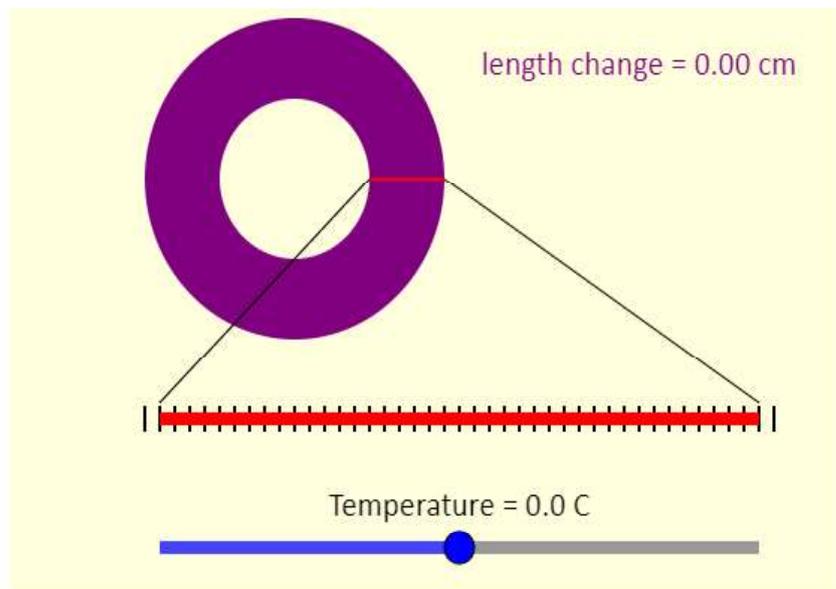
Classificação	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total	%
Cotidiano	0	2	0	2	2	0	2	3	3	3	17	40
Novas Tecnol.	0	0	0	1	0	1	0	2	3	6	13	31
Constr. Equip.	0	3	1	0	1	0	1	1	2	3	12	29
Total	0	5	1	3	3	1	3	6	8	12	42	100

Fonte: Araújo e Abib (2003)

Percebemos um crescimento de publicações com um foco em novas tecnologias. Isso justifica o fato de termos, hoje em dia, simulações computacionais de fenômenos físicos reais, porém não são muitos os que abordam o assunto de dilatação térmica, e de maneira interativa.

Ao pesquisar sobre simulações de dilatação térmica, encontramos uma que foi desenvolvida por Andrew Duffy em HTML5, e pode ser acessada de forma *online*, através do endereço: <https://physics.bu.edu/~duffy/classroom.html>. Esse endereço eletrônico ilustra uma arruela se expandindo com a alteração da temperatura. Um controle deslizante permite ajustar a temperatura de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A mudança na largura da arruela entre o furo central, com raio de  $100\text{ cm}$ , e o círculo externo, com raio de  $200\text{ cm}$ , é exibida numericamente ao usuário em centímetros, com duas casas decimais, podendo ser visualizado na Figura 7.

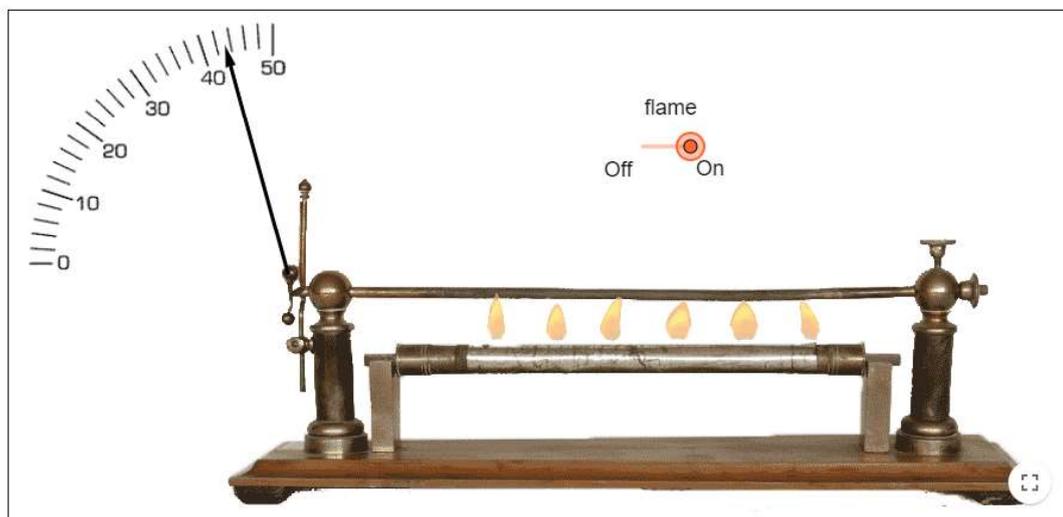
Figura 7: Simulação de dilatação térmica desenvolvida por Andrew Duffy em HTML5



Fonte: <https://physics.bu.edu/~duffy/classroom.html>. Acesso em: 11 jul. 2024.

Também conseguimos encontrar, na internet, uma animação no GeoGebra, criada por Luciano Troilo, em que é demonstrada a expansão de uma barra metálica, movendo um ponteiro sobre uma escala graduada. No entanto, a simulação não fornece informações sobre a temperatura, o comprimento inicial ou a variação do comprimento da barra. Além disso, não especifica o material da barra que está se expandindo. Segundo os autores, a única conclusão possível a partir da simulação é que a variação no comprimento é proporcional à mudança de temperatura, assumindo que a expansão da barra é proporcional ao tempo de aquecimento. Esta simulação pode ser encontrada no endereço: <https://www.geogebra.org/m/M6zQnquE>. Na Figura 8 temos a imagem da simulação.

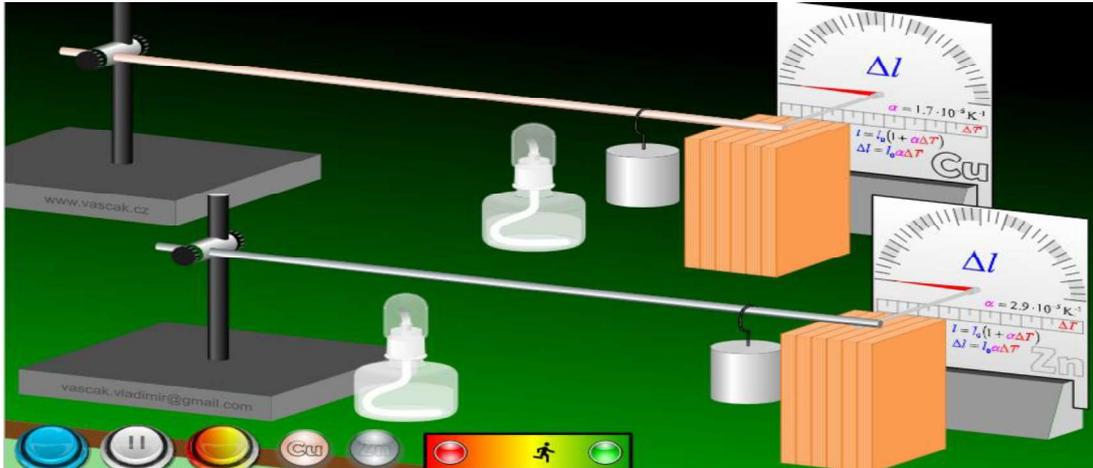
Figura 8: Simulação de dilatação térmica desenvolvida por Luciano Troilo no GeoGebra.



Fonte: <https://www.geogebra.org/m/M6zQnquE>. Acesso em: 11 jul. 2024.

Em uma outra página, que pode ser acessada no endereço: [vascak.cz/physicsanimations.php?l=em](http://vascak.cz/physicsanimations.php?l=em), encontramos três simulações a respeito de dilatação térmica. Na primeira, podemos comparar a dilatação linear entre dois materiais. Na barra superior podemos escolher entre o ferro, cobre e alumínio. Na barra inferior podemos escolher o zinco, o cobre ou o alumínio. As variações relativas das variações dos comprimentos das barras podem ser estimadas através de um transferidor medidor, ao serem aquecidos ou resfriados. Mas, essa simulação não nos permite saber qual o valor de variação de temperatura no qual esses materiais estão sendo expostos, podendo verificar apenas a mudança nas dimensões dos materiais ao sofrerem uma variação de temperatura. A simulação já indica o valor do coeficiente de dilatação de cada material. A Figura 9 traz a imagem inicial da simulação descrita acima.

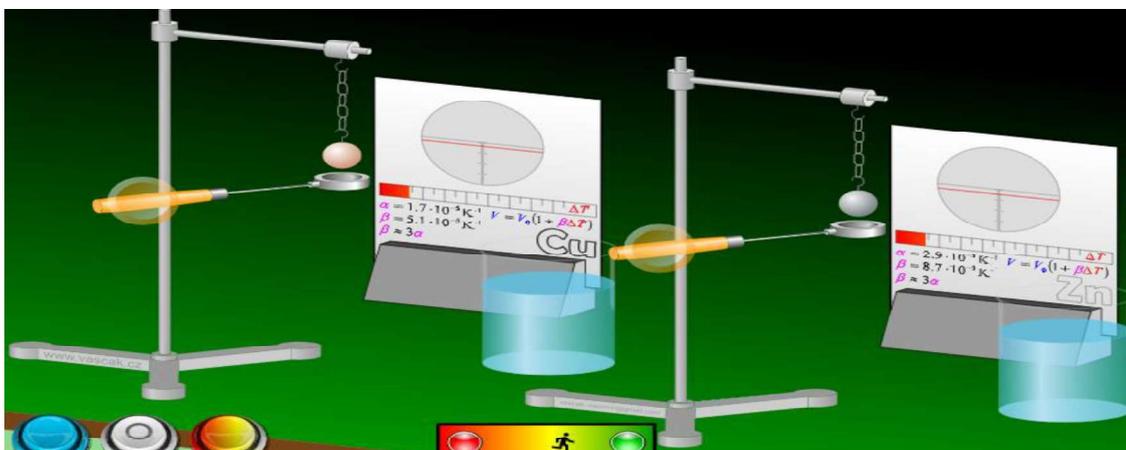
Figura 9: Simulação da dilatação linear.



Fonte: [https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf\\_roztaznost1&l=en](https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_roztaznost1&l=en). Acesso em: 14 jul. 2024.

Na segunda simulação, Figura 10, vemos a representação do experimento do Anel de Gravesande. Nessa simulação duas esferas são aquecidas igualmente, a da esquerda podendo ser de cobre, ferro ou alumínio e a da direita de ferro, alumínio ou zinco. As esferas são suspensas, cada uma. Ao ser suspensas pelo anel, as esferas passam a resfriar e dependendo do coeficiente de dilatação de cada esfera, uma esfera cai, atravessando o anel primeiro do que a outra, com isso é possível perceber o efeito da dilatação térmica. Como na simulação anterior, o valor do coeficiente de dilatação de cada material já vem indicado. Nessa simulação, assim como na primeira, não é possível saber o valor da temperatura ao qual os materiais são expostos.

Figura 10: Simulação da dilatação superficial.



Fonte: [https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf\\_roztaznost2&l=en](https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_roztaznost2&l=en). Acesso em: 14 jul. 2024.

Na terceira simulação dessa página, Figura 11, verificamos a dilatação diferencial entre dois materiais, através da representação de uma lâmina bimetálica. Na simulação é possível escolher se o material superior da lâmina tem coeficiente de dilatação maior ou menor do que o da lâmina inferior, não sendo indicado o material. Essa lâmina inicialmente se encontra retilínea e, ao sofrer uma variação de temperatura, ela se curva, devido ao fato de sua composição ser de dois materiais distintos. Sua curvatura pode ser verificada por meio de uma escala presente na simulação. Nessa terceira simulação, ao contrário da primeira, é fornecido a variação de temperatura a qual o material é exposto.

Figura 11: Simulação da dilatação linear relativa.



Fonte: [https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf\\_bimetal&l=en](https://vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_bimetal&l=en). Acesso em: 14 jul. 2024.

Em outras páginas disponíveis, conseguimos encontrar diversas simulações experimentais de física, mas que não possuem nada voltado a demonstração de dilatação térmica, como é o caso da página: <https://walter-fendt.de/html5/phen/>, em que vemos dezenas de simulações, mas, na parte de termodinâmica, só encontramos três simulações presentes. Elas são: Processos especiais de um gás ideal; Movimento de partículas em um gás ideal; e O ciclo de Carnot.

Analisando as simulações presentes em uma outra página *online*, de endereço: <https://thephysicsaviary.com/Physics/Curriculum/AP2/index.php>, observamos um número maior de simulações em termodinâmica, contabilizando seis, sendo elas: Gás em uma caixa; Transferência de calor; Primeira lei da termodinâmica; Diagrama PV; Dispositivos térmicos e

entropia; e Equivalente mecânico do calor. Mas, ainda assim, essa página não disponibiliza nenhuma simulação que represente a dilatação térmica dos materiais.

Ao observarmos o renomado *site* Phet, elaborado pela Universidade do Colorado: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/filter?subjects=physics&sort=alpha&view=grid](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&sort=alpha&view=grid), que possui mais de um bilhão de acessos, e com atualmente 109 simulações de física, percebemos que, em sua aba de calor e termometria, existem 14 simulações. Elas são: Difusão; Gases; Propriedades dos gases; Formas de energia e transformação; Estados da Matéria: Básico; Estados da Matéria; Probabilidade Plinko; Interações Atômicas; Atrito; Reações e Taxas; Reações Reversíveis; Balões e Empuxo; Micro-Ondas; e Fissão Nuclear. Apesar disso, nenhuma delas aborda a dilatação térmica.

O trabalho aqui desenvolvido fez uso de um experimento virtual interativo de dilatação térmica, desenvolvida por meio da plataforma GeoGebra, e foi disponibilizada pela Universidade Federal do Ceará, através de sua página *online* de laboratório virtual de física. Por mais que seja apenas uma simulação interativa, ela se baseia em um experimento real e pôde favorecer a aprendizagem dos alunos de engenharia da Universidade Federal do Ceará, durante o isolamento social, causado pela pandemia da covid-19. De acordo com Dias, Castro e Coelho (2023):

A simulação procura se aproximar do experimento real, com um relógio comparador e um banho térmico com características e funcionalidades próprias dos seus equivalentes reais. O uso da simulação se justifica pelo isolamento social provocado pela pandemia de covid-19, bem como para suprir a ausência do equipamento em laboratórios de ensino de física nas escolas. Constatou-se que o desempenho de estudantes de engenharia da Universidade Federal do Ceará que utilizaram a simulação foi semelhante ao dos que realizaram o experimento real antes do isolamento social. (Dias; Castro; Coelho, 2023, p. 1)

Esta plataforma disponibilizada pela Universidade Federal do Ceará, de experimentos virtuais interativos, é relativamente nova, e conta com diversas simulações, dos mais variados assuntos da física, nas áreas de mecânica, ondulatória, termodinâmica, óptica, física moderna, eletricidade e magnetismo.

Dessa maneira, podemos observar que o ensino de dilatação térmica por meio de simulações computacionais interativas se mostra bastante inexpressivo, por conta das poucas simulações presentes que abordem essa temática. Contudo, o uso de simulações computacionais tem favorecido de forma significativa a aprendizagem dos alunos, como demonstrado na sequência didática proposta neste trabalho, que será descrita no próximo capítulo.

## **5 METODOLOGIA**

Com o intuito de auxiliar aos professores no ensino da Física, nas escolas de ensino básico do nosso país, foi proposto neste trabalho, como produto educacional, uma sequência didática que auxilia o ensino de dilatação térmica linear, por meio de um experimento virtual, de forma a contribuir para o aprendizado dos estudantes.

### **5.1 Produto educacional**

Uma maneira de tornar as aulas de Física mais objetivas é fazendo uso de uma sequência didática, que é o produto educacional deste trabalho, possibilitando um aprendizado mais ordenado e eficaz.

Sequência didática é um conjunto de ações, métodos e abordagens cuidadosamente planejados pelo professor, de maneira progressiva, com o intuito de facilitar a compreensão e absorção do conteúdo ou tema proposto.

Esta técnica surge na França, por volta de 1980, e em 1988 é citado em um documento oficial da educação brasileira, os PCN, com a finalidade da criação de atividades sequenciadas utilizadas no ensino da língua portuguesa. Porém, com o passar dos anos, esse documento foi-se estendendo para as várias disciplinas que compõem a educação básica das nossas escolas. Se assemelha bastante com um plano de aula, porém se diferencia pela característica de se fazer uso de várias aulas, de forma a levar o estudante a traçar uma caminhada leve e aprofundada sobre o tema abordado, de forma alinhada, como descreve Zabala (1988, p.18), a respeito das sequências didáticas: “Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”

### **5.2 Aplicação do produto educacional**

Com o objetivo de auxiliar a aprendizagem de alunos do 2º ano do ensino médio da EEMTI Maria Thomásia, localizada no bairro Maraponga, em Fortaleza - CE, foi aplicada uma sequência didática que fez uso de 03 aulas, de 50 minutos cada, com o intuito de ensino do assunto de dilatação térmica.

A quantidade de alunos que participaram desta sequência didática foi de 41, sendo todos do segundo ano do Ensino Médio, todos integrantes da mesma turma escolar. O assunto

abordado, de dilatação térmica, fazia parte do plano anual de ensino e não havia sido apresentado aos alunos anteriormente.

### **5.2.1 Aula 01**

A primeira aula desta sequência didática, assim como as demais, tem a duração de 50 minutos, com o foco, inicialmente, no levantamento de informações a respeito do conhecimento prévio que cada estudante traz. Esse conhecimento prévio é de muita importância para a aprendizagem, uma vez que serve como base para o novo conceito que lhe será apresentado.

O levantamento das informações do conhecimento prévio que os estudantes possuem se dá por meio da aplicação de um questionário, que é um excelente método de se obter o levantamento quantitativo quanto ao conhecimento sobre um determinado assunto, por parte dos alunos.

O questionário no trabalho científico consiste em um conjunto de perguntas, organizadas de forma sequencial, que possibilitam a coleta de dados, que podem ser analisados de forma rápida e eficiente. Podendo ter um caráter, qualitativo, quantitativo ou misto. O questionário permite alcançar um número expressivo de participantes e em um curto período de tempo.

O questionário aplicado nesta sequência didática teve como finalidade uma análise quantitativa das informações por eles adquiridas. De maneira a possibilitar a comparação dos dados coletados após sua reaplicação, ao final da sequência de aulas, permitindo verificar se houve um ganho nos índices de assertividade dos alunos, na resolução do questionário.

A temática do questionário aplicado era sobre conceitos de dilatação térmica, e foi elaborado na forma de questões de múltipla escolha, com um quantitativo de 10 questões, tendo 4 alternativas possíveis, por questão. Cada questão contava com uma dessas alternativas como a resposta correta para a pergunta, uma alternativa com a possibilidade de afirmativa de não saber a resposta e as demais configuravam respostas erradas à pergunta abordada. Essas alternativas erradas são conhecidas como distratores, na literatura especializada de elaboração de itens, e devem seguir um raciocínio com o assunto abordado, sem se desviar da temática proposta, como descreve o guia de laboração e revisão de itens, do INEP (2023):

Cada opção errada (distrator) deve ser plausível, isto é, fazer parte do contexto do item e ser uma resposta possível para o estudante que não desenvolveu a competência que está sendo avaliada. Os distratores não podem fugir do tema proposto, nem se constituir em afirmação evidentemente descabida até para quem não domina o assunto. Não transformar afirmações verdadeiras em falsas simplesmente pela

inserção da palavra “não” ou pelo uso do prefixo “-in” ou por expressões totalizantes ou excludentes, como “apenas”, “todas”, “somente” etc. (INEP, 2023, p. 34)

As questões, do questionário aplicado, e seus itens, podem ser observados na tabela abaixo, em que destaca o item correto em cada questão.

Tabela 2: Questionário aplicado com os itens e a resposta correta em cada questão.

<p>1) O que é dilatação térmica?</p> <p>(a) O resfriamento de um material.  (b) A expansão de um material quando aquecido.  (c) Uma mudança de estado de um material.  (d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (b) A expansão de um material quando aquecido.</p>
<p>2) Quais são os três principais tipos de dilatação térmica?</p> <p>(a) Linear, angular e volumétrica.  (b) Superficial, tangencial e linear.  (c) Linear, superficial e volumétrica.  (d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (c) Linear, superficial e volumétrica.</p>
<p>3) Como a dilatação térmica está relacionada à temperatura?</p> <p>(a) A temperatura não afeta a dilatação térmica.  (b) À medida que a temperatura aumenta, um material se contrai.  (c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.  (d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.</p>
<p>4) O que são coeficientes de dilatação térmica?</p> <p>(a) São valores que indicam a temperatura de fusão de um material.  (b) São valores que indicam a quantidade pela qual um material se expande ou contrai com a variação de temperatura.  (c) São valores que indicam a densidade de um material.  (d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (b) São valores que indicam a quantidade pela qual um material se expande ou contrai com a variação de temperatura.</p>
<p>5) Por que é importante considerar a dilatação térmica em projetos de engenharia civil, como a construção de pontes e estradas?</p> <p>(a) Pouco é importante, pois a dilatação térmica não afeta essas estruturas.  (b) É importante evitar rachaduras e deformações causadas por mudanças de temperatura.  (c) É importante apenas em climas frios.  (d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (b) É importante evitar rachaduras e deformações causadas por mudanças de temperatura.</p>
<p>6) Dos itens abaixo qual lista exemplos de objetos ou dispositivos cotidianos nos quais a dilatação térmica ocorre com mais facilidade?</p> <p>(a) Nenhum exemplo pois a dilatação térmica é um fenômeno raro.</p>

- (b) Trilhos de trem, asfalto ou cobre.
- (c) Porcelana, plástico ou vidro.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (b) Trilhos de trem, asfalto ou cobre.

7) Como a dilatação térmica é medida ou calculada em experimentos ou projetos práticos?

- (a) Medindo a variação da massa do material.
- (b) Através da observação da cor do material.
- (c) Usando o coeficiente de dilatação térmica do material e a fórmula  $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ .
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) Usando o coeficiente de dilatação térmica do material e a fórmula  $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ .

8) Qual é a importância de compreender a dilatação térmica em campos como a engenharia, a arquitetura e a fabricação de dispositivos eletrônicos?

- (a) É importante para a venda de produtos que dilatam mais quando esfriados.
- (b) É importante evitar que as estruturas se expandam em climas frios.
- (c) É importante para o dimensionamento correto de estruturas e dispositivos, evitando danos e problemas de funcionamento.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) É importante para o dimensionamento correto de estruturas e dispositivos, evitando danos e problemas de funcionamento.

9) Imagine que você tem uma lâmina de vidro e uma lâmina de alumínio com a mesma dimensão inicial. Se ambas forem aquecidas à mesma temperatura, qual delas terá uma variação maior de comprimento? Por que?

- a) Uma lâmina de vidro terá uma variação maior de comprimento, porque o vidro é um material condutor de calor mais eficiente que o alumínio.
- b) A lâmina de alumínio terá uma variação maior de comprimento, porque o alumínio tem um coeficiente de dilatação térmica mais alto do que o vidro.
- c) Ambas as lâminas terão variações de comprimento iguais, porque a temperatura é a mesma para ambas.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: b) A lâmina de alumínio terá uma variação maior de comprimento, porque o alumínio tem um coeficiente de dilatação térmica mais alto do que o vidro. Esta resposta destaca a importância dos coeficientes de dilatação térmica dos materiais na determinação da extensão da dilatação térmica.

10) Qual material dilata mais quando aquecido: um material com maior coeficiente de dilatação térmica ou um material com menor coeficiente de dilatação térmica?

- a) Um material com maior coeficiente de dilatação térmica.
- b) Um material com menor coeficiente de dilatação térmica.
- c) Ambos dilatam na mesma proporção quando aquecidos igualmente, pois o que importa é a temperatura e não o coeficiente de dilatação térmica.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: a) Um material com maior coeficiente de dilatação térmica.

Logo em seguida, após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, é feita a apresentação do conteúdo de dilatação térmica, fazendo uso de uma metodologia tradicional, em que é descrito o assunto, e, concomitante a isso, é utilizado um experimento visual, de caráter demonstrativo, com a utilização de um dilatômetro, que pode ser visualizado na Figura 12. Este dilatômetro foi disponibilizado pela Universidade Federal do Ceará, para demonstrar a dilatação de uma barra de cobre, ao ser aquecida pela chama de uma vela, podendo ser visualizada sua dilatação por meio da variação angular do ponteiro registrador, que mede o seu ângulo de giro através do transferidor posicionado no experimento.

Este experimento tem apenas um caráter qualitativo, para demonstração da dilatação térmica do material, uma vez que não é possível medir, ou manipular, a variação de temperatura a qual o material é submetido, pelo fato de utilizarmos a chama de uma vela, impossibilitando a manipulação de temperatura da mesma.

Figura 12: Dilatômetro caseiro usado na aula expositiva.



Fonte: próprio autor.

Este experimento foi posto em funcionamento no início da apresentação teórica e, ao final da aula, foi verificada a dilatação que o material sofreu ao ser aquecido por duas velas acesas. Finalizando, assim, a primeira aula desta sequência didática. O plano de aula desta está demonstrado abaixo.

Tabela 3: Plano de aula da primeira aula.

<p>Plano de Aula 01: Dilatação Térmica</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre dilatação térmica.</li> <li>- Introduzir e explicar o conceito de dilatação térmica e seus tipos.</li> <li>- Demonstrar a dilatação térmica através de um experimento visual qualitativo.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário de conhecimento prévio (impresso)</li> <li>- <i>Slides</i> de apresentação (projektor e computador)</li> <li>- Dilatômetro real simples</li> <li>- Fonte de calor (Velas)</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdução e Aplicação do Questionário de Conhecimento Prévio (10 minutos)</li> <li>2. Exposição Teórica e Demonstração de Experimento (35 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar <i>slides</i> sobre dilatação térmica, cobrindo os seguintes tópicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de dilatação térmica.</li> <li>• Tipos de dilatação térmica: linear, superficial e volumétrica.</li> <li>• Fórmulas e coeficientes de dilatação.</li> <li>• Exemplos práticos e aplicações.</li> </ul> </li> <li>- Demonstração do Experimento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar e explicar o experimento de dilatação térmica.</li> <li>• Aquecer a barra metálica uniformemente com a chama de duas velas.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>3. Conclusão e Discussão (5 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar a variação de comprimento da barra metálica.</li> </ul> </li> </ol>

Fonte: próprio autor.

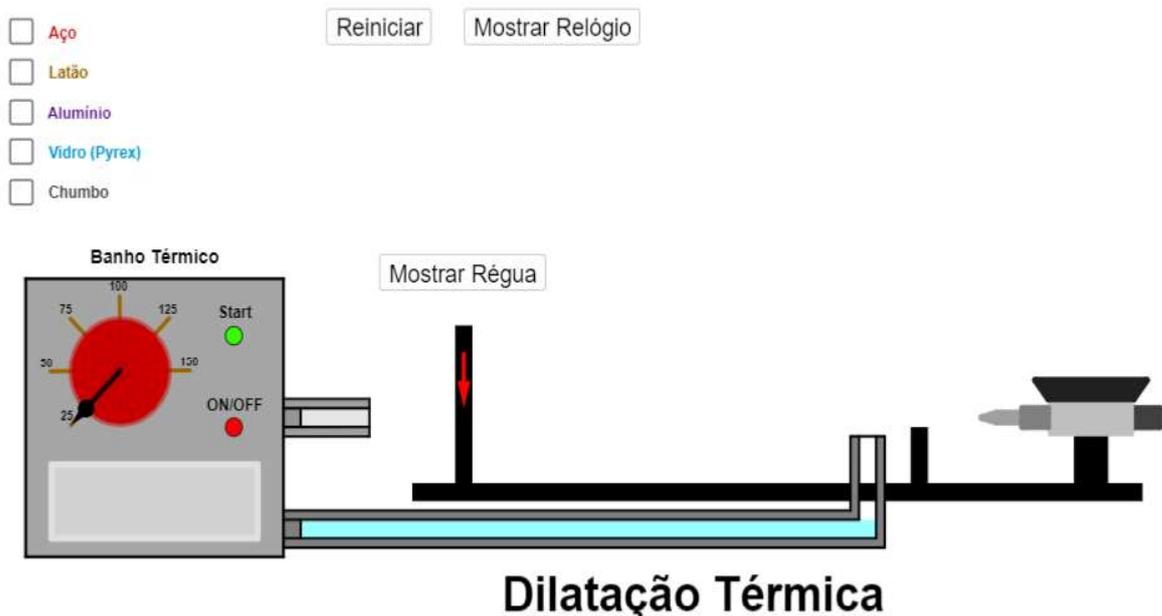
### 5.2.2 Aula 02

Para a segunda aula desta sequência didática, foi feito o uso de tecnologias digitais, para suprir a carência de um laboratório científico físico. Desta maneira, recorreremos a um experimento virtual, que possibilita a reprodução e manuseio quase que idênticos de um processo experimental real, de medição do coeficiente de dilatação térmica de alguns materiais.

O experimento virtual utilizado nesta aula foi a disponibilizada pelo laboratório virtual de Física, da Universidade Federal do Ceará (UFC), que tem como nome: dilatação térmica, de autoria da Me. Giselle dos Santos Castro e do Dr. Nildo Loiola Dias. Em que pode ser acessado por meio do endereço eletrônico: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br>.

Esta simulação faz uso do *software* GeoGebra, que utiliza uma linguagem própria de programação, o GGBScript, possibilitando sua execução em computadores ou, até mesmo, em aparelhos celulares que possuam acesso à internet. Abaixo, na Figura 13 podemos ver a imagem da tela inicial do experimento virtual.

Figura 13: Tela inicial do experimento virtual usado.



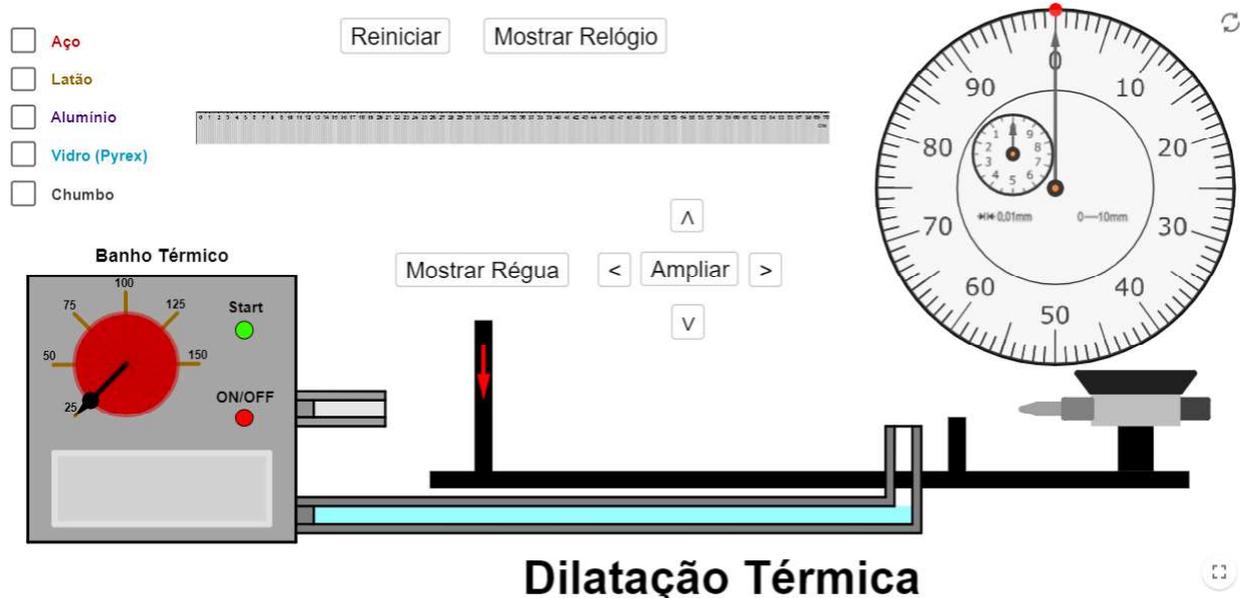
Fonte: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>. Acesso 05 fev. 2024

Neste experimento computacional, podemos fazer a medição da dilatação térmica de 5 tipos de materiais diferentes, com base em suas mudanças de temperatura ocasionadas por meio de um banho térmico. Este instrumento, o banho térmico, possibilita a variação da temperatura do objeto, de 25° C até 150° C. Cada material analisado é posto sobre o dilatômetro, tendo uma

de suas extremidades fixada no ponto indicado pela seta vermelha da Figura 14, enquanto que sua outra extremidade toca o relógio comparador. O relógio comparador é o instrumento de medição do comprimento de dilatação do material. Sempre, antes de iniciado o processo de aquecimento do material, deve-se zerar o relógio comparador, e fazendo uso de uma régua presente na simulação, também é possível verificar o comprimento inicial ( $L_0$ ), do material.

Ambos os utensílios estão presentes na simulação, podendo ser manipulados de forma virtual, para garantir a imersão do estudante no processo de experimentação. Abaixo, na Figura 14 vemos a imagem da simulação com o relógio comparador e a régua à mostra.

Figura 14: Tela inicial do experimento virtual de dilatação térmica com o relógio comparador e a régua à mostra.



Fonte: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>. Acesso 05 fev. 2024

O experimento tem início na simulação, quando estiver determinada a temperatura do banho térmico e for acionado o botão *start* do aparelho. Com posse das informações de comprimento inicial do material, diferença do comprimento do mesmo e a variação de sua temperatura à que foi submetido, então podemos calcular o coeficiente de dilatação térmica deste material, através da Equação 1.3.

Esta prática, por meio do experimento virtual, também dispõe de um roteiro de prática experimental, que foi adaptado para a sua aplicação durante esta sequência didática, de maneira a poder ser inserido e utilizado durante a aula experimental, feita no laboratório de informática da escola, com uma duração de 50 minutos.

O roteiro original é composto pela descrição do objetivo daquela experimentação, os materiais utilizados no procedimento, uma fundamentação teórica a respeito de dilatação térmica, a descrição do experimento virtual, um procedimento, que visa a coleta das medidas de variação do comprimento de alguns materiais, e - por fim - um questionário acerca do assunto estudado na prática. O roteiro adaptado para esta sequência didática, que está presente no Apêndice A deste trabalho, faz uso dos objetivos, material, e uma parte da fundamentação teórica, presentes no original. No que diz respeito ao procedimento deste roteiro adaptado, ele visa o cálculo do coeficiente de dilatação térmica de dois materiais distintos, com base nas medições do comprimento inicial do material, sua variação de temperatura, e sua variação de comprimento, após ser aquecido. Como mostra a Figura 15, abaixo, que contém a imagem das tabelas a serem preenchida pelo aluno durante a aula experimental, feita por meio deste experimento virtual.

Figura 15: Tabelas do roteiro de pratica experimental adaptado.

Tabela 1 - Resultados “experimentais” para o tubo de AÇO.

TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA FINAL (°C)	$\Delta T$ (°C)	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

1.6 Repita os procedimentos anteriores para o LATÃO e anote na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados “experimentais” para o tubo de LATÃO.

TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA FINAL (°C)	$\Delta T$ (°C)	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

Fonte: Roteiro adaptado do experimento virtual de dilatação térmica.

O plano de aula, desta segunda aula sequência didática, está descrito na Tabela 4.

Tabela 4: Plano de aula da segunda aula.

<p>Plano de Aula 02: Prática Laboratorial de Dilatação Térmica com o experimento virtual</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar um experimento virtual para realizar experimentos de dilatação térmica.</li> <li>- Guiar os alunos através de um roteiro de prática laboratorial.</li> <li>- Calcular o coeficiente de dilatação linear do aço e do latão.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Computadores com acesso à internet</li> <li>- Experimento virtual de dilatação térmica do Laboratório Virtual de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) (<a href="https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br">https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br</a>)</li> <li>- Roteiro de prática laboratorial (impresso ou digital)</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação do experimento virtual (10 minutos)</li>   <li>2. Execução da Prática Laboratorial (30 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuir o roteiro de prática laboratorial aos alunos.</li> <li>- Orientar os alunos a seguir o roteiro, realizando as medições e observações necessárias.</li> </ul> </li>   <li>3. Cálculo do coeficiente de dilatação linear (10 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando a equação, presente no roteiro de prática, calcular o coeficiente de dilatação linear do aço e do latão.</li> </ul> </li> </ol>

Fonte: próprio autor.

### 5.2.3 Aula 03

Na terceira e última aula desta sequência didática foi feita a reaplicação do questionário inicial, proposto na primeira aula, de maneira a poder comparar as novas respostas dos alunos com suas respostas anteriores. Em seguida, foi feita a correção deste questionário para fechar o ciclo de ensino a respeito do assunto e poder tirar dúvidas existentes.

Abaixo está descrito o plano de aula deste terceiro e último momento da nossa sequência didática sobre dilatação térmica com o uso de um experimento virtual.

Tabela 5: Plano de aula da terceira aula.

<p>Plano de Aula: Revisão e Avaliação do Conhecimento sobre Dilatação Térmica</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar o conhecimento dos alunos sobre dilatação térmica através da reaplicação do questionário da aula 01.</li> <li>- Comparar as respostas atuais do questionário com as respostas anteriores.</li> <li>- Corrigir o questionário e esclarecer dúvidas sobre o tema.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário de 10 questões sobre dilatação térmica (impresso).</li> <li>- Cópias das respostas do primeiro questionário (para comparação).</li> <li>- Quadro branco e marcadores ou um projetor para a correção.</li> <li>- Canetas ou lápis para os alunos</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reaplicação do Questionário (10 minutos)</li> <li>2. Comparação das Respostas (20 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuir aos alunos as cópias das respostas do primeiro questionário.</li> <li>- Orientar os alunos a compararem suas respostas atuais com as respostas anteriores.</li> </ul> </li> <li>3. Correção do Questionário e Tira-dúvidas (20 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrigir o questionário coletivamente, utilizando o quadro branco ou o projetor.</li> </ul> </li> </ol>

Fonte: próprio autor.

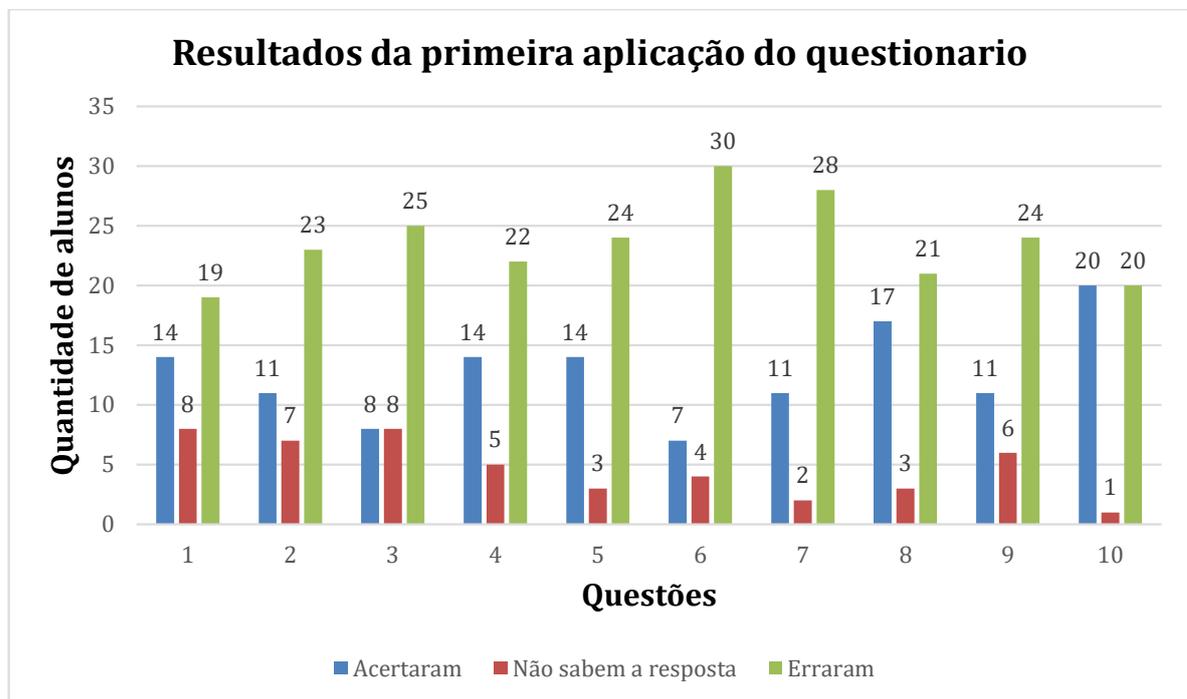
Os resultados do questionário e a sua comparação com a segunda aplicação poderão ser consultados a seguir.

## 6 RESULTADOS

Inicialmente foi aplicado um questionário de 10 questões de múltipla escolha, aos alunos, em que neste questionário foi pedido que fizessem com base no conhecimento prévio que tinham a respeito do assunto e que também fosse feito de forma sincera. Por este motivo, consta como um dos itens de cada a questão a opção de não sei a resposta, a fim de se obter resultados mais próximos possíveis do conhecimento real dos alunos analisados.

No Gráfico 1 conseguimos visualizar a resposta inicial dos 41 alunos, a este questionário, descrevendo o número de alunos que responderam ao questionário de forma assertiva, em comparação com o número de alunos que responderam assinalando o item em que consta não saber a resposta para aquele questionamento, e também o quantitativo dos alunos que julgavam saber a resposta, mas erraram, optando por um item constituído de um distrator.

Gráfico 1: Quantitativo de alunos que acertaram, julgaram não saber ou erraram as questões do questionário em sua primeira aplicação.



Fonte: próprio autor.

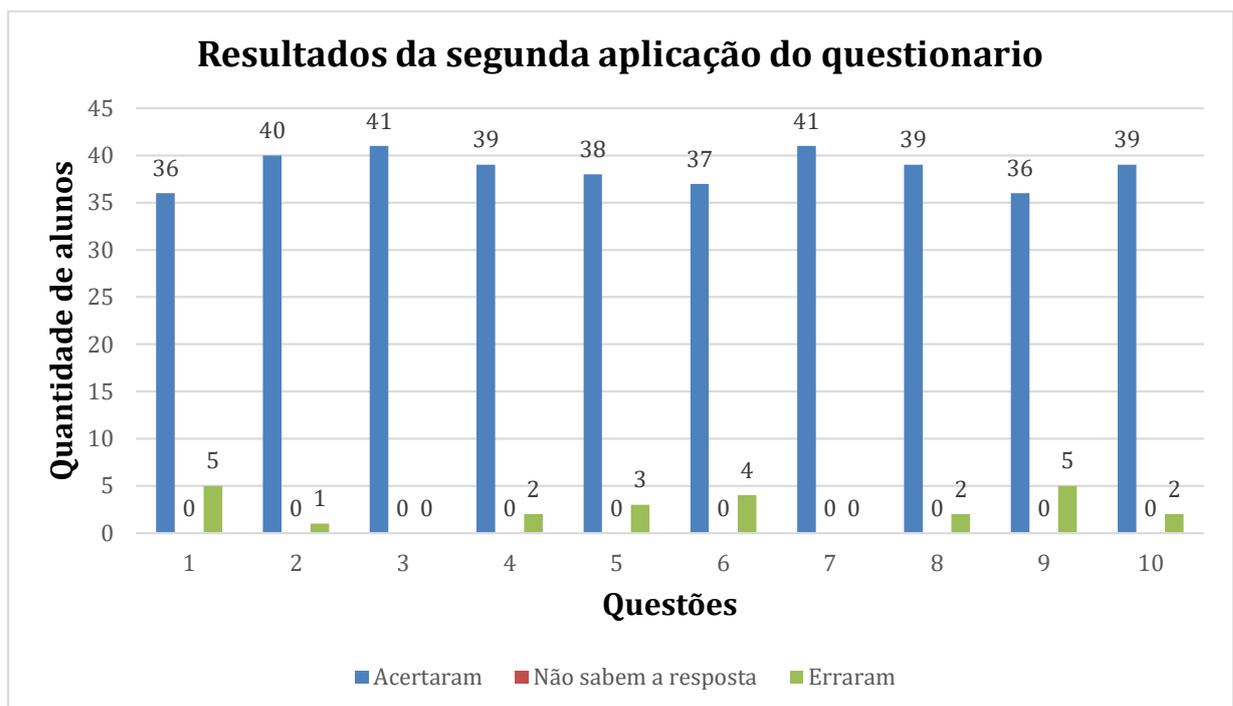
Podemos observar que boa parte dos alunos erraram as questões, neste primeiro momento, mesmo julgando saber a resposta. Isso talvez se dê pelo fato de já terem um

conhecimento prévio a respeito da dilatação térmica, mas não havia um conhecimento formal do assunto, gerando este número elevado de erros.

Após a explicação do conteúdo, de maneira formal, apresentando os conceitos abordados no questionário, e também da aula prática, envolvendo o experimento virtual, foi reaplicado o questionário, a fim de obter uma comparação individual e coletiva dos alunos com base em suas novas respostas quando comparadas as respostas anteriores.

De início, tivemos um quantitativo elevado de alunos que marcaram itens incorretos e de alunos que julgaram não saber a resposta para algumas questões do questionário. Na segunda aplicação, tivemos uma redução significativa no quantitativo de respostas incorretas e uma ausência de alunos que julgavam não saber a resposta. Como demonstra o Gráfico 2.

Gráfico 2: Quantitativo de alunos que acertaram, julgaram não saber ou erraram as questões do questionário em sua segunda aplicação.

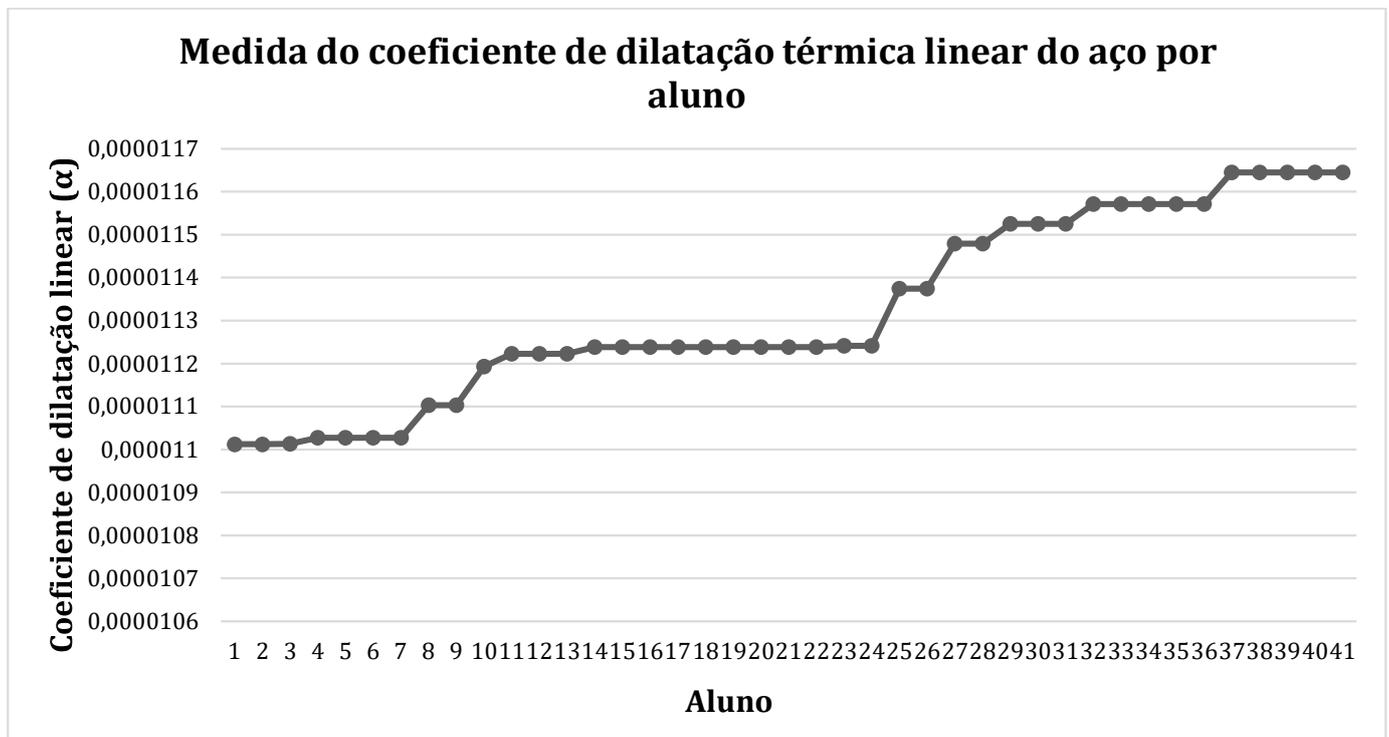


Podemos observar com este segundo gráfico que o aumento de alunos que passaram a responder ao questionário de forma correta se elevou bastante e já não temos a presença de alunos com a resposta cujo item definia não saber a resposta da questão. Isso demonstra um ganho na aprendizagem do conteúdo e um aprendizado significativo por parte dos alunos.

Também foi feito o levantamento dos dados obtidos a partir da prática experimental dos alunos através do experimento virtual. No roteiro de prática adaptado, era definido que, com base nas medições feitas na experimentação, fosse calculado o coeficiente de dilatação linear do aço e do latão. Esse processo de cálculo foi realizado durante a segunda aula da sequência didática aplicada aos alunos, e possibilitou a vivência dos estudantes no processo de análise e verificação dos dados experimentais.

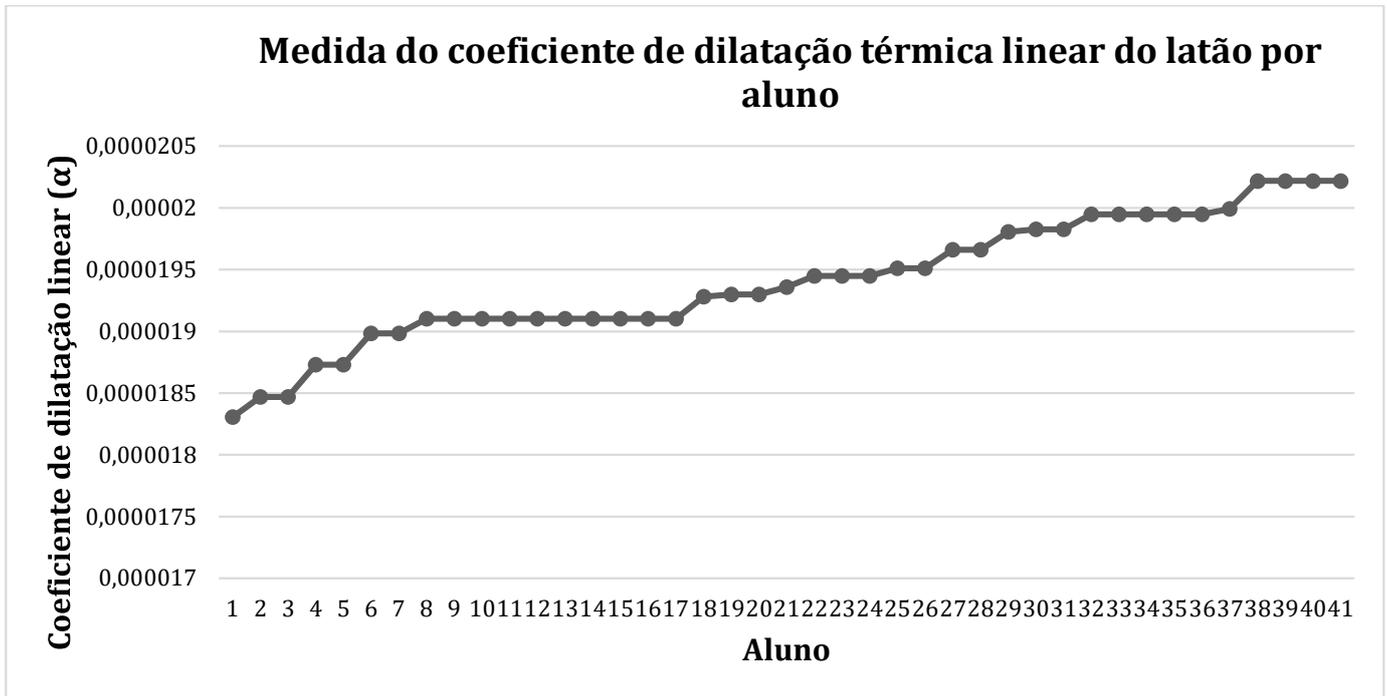
Nos Gráficos 3 e 4 temos o valor obtido pelos alunos para o coeficiente de dilatação térmica destes dois materiais.

Gráfico 3: Medida do coeficiente de dilatação térmica linear do aço obtida pelos alunos por meio do processo experimental feito através do experimento virtual.



Fonte: próprio autor.

Gráfico 4: Medida do coeficiente de dilatação térmica linear do latão obtida pelos alunos por meio do processo experimental feito através do experimento virtual.



Fonte: próprio autor.

Verificamos, por meio destes dois gráficos, que os resultados obtidos pelos alunos, se assemelham com os resultados reais, para estes dois materiais, o aço e o latão, obtidos por meio de experimentações reais, em que o valor encontrado em laboratórios para o coeficiente de dilatação linear, em  $(^{\circ}C)^{-1}$ , desses materiais é um máximo de  $14 \times 10^{-6}$  e um mínimo de  $10 \times 10^{-6}$  para o aço, enquanto que o latão possui um máximo de  $18 \times 10^{-6}$  e um mínimo de  $21 \times 10^{-6}$ , como mostra a Tabela 1. Os valores apresentam erros experimentais, pois os alunos fazem as medidas do comprimento inicial com a régua da simulação e a leitura do relógio comparador. As medidas realizadas apresentam erros de aproximação semelhantes aos que ocorrem nos experimentos reais.

Os resultados obtidos neste trabalho favorecem a justificativa dos benefícios do uso de uma sequência didática, atrelada a experimentação, por meio de simulações computacionais, na aprendizagem dos alunos.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou favorecer o ensino de dilatação térmica, por meio da utilização de uma sequência didática, dividida em três aulas de 50 minutos cada, de maneira a contribuir para a aprendizagem dos alunos.

Na primeira aula, o objetivo principal é a coleta dos conhecimentos prévios dos estudantes, por meio de um questionário de múltiplas escolhas, bem como a apresentação teórica do assunto, a fim de descrever aos alunos o que é dilatação térmica e sua importância no cotidiano. Como pode ser visto na Tabela 6, o nível de conhecimento dos alunos se mostrou incipiente.

Em seguida, na segunda aula dessa sequência didática, é feita uma aula prática com o uso de um experimento virtual, no qual proporciona ao estudante a vivência de uma prática laboratorial guiada por um roteiro de prática. Nesta aula, o objetivo principal é unir o teórico aprendido na aula anterior com a prática experimental de coleta de dados e cálculo do coeficiente de dilatação linear dos materiais, favorecendo a aprendizagem dos alunos.

Por fim, finalizamos a sequência com a terceira aula, em que reapplicando o questionário inicial, é possível comparar as respostas obtidas com as anteriores, e analisar o crescimento de aprendizagem dos alunos. Ao final da aula, corrigindo o questionário, com todos, pode-se tirar as dúvidas restantes e corrigir os erros possíveis.

Na Tabela 6, está representada a diminuição de erros em cada questão, do questionário aplicado, por meio da comparação entre o percentual de acertos na primeira aplicação e na segunda aplicação.

Tabela 6: Percentual de erros do questionário na primeira e segunda aplicação.

<b>QUESTÃO</b>	<b>PRIMEIRA APLICAÇÃO ( % de acertos )</b>	<b>SEGUNDA APLICAÇÃO ( % de acertos )</b>
1	53,7	87,8
2	44	97,6
3	39	100
4	46,4	95,2
5	41,5	92,7
6	27	90,3
7	31,7	100
8	48,7	95,2
9	41,5	87,8
10	51,2	95,2

Fonte: próprio autor.

De acordo com os resultados demonstrados na tabela acima, verificamos que o número de alunos que passaram a responder ao questionário de forma correta se elevou bastante. Isso demonstra um ganho na aprendizagem do conteúdo e um aprendizado significativo por parte dos alunos.

Podemos verificar que a abordagem utilizada nas aulas favorece uma aprendizagem completa do assunto abordado, juntando o teórico ao prático e fazendo um paralelo ao cotidiano dos alunos e seus conhecimentos prévios, como nos fala Rowerde (2020).

[...] Uma sequência didática bem estruturada pode favorecer um encadeamento de grandes temas correlatos, evidenciando a ligação que existe entre as grandes áreas de uma disciplina ou até mesmo, em um horizonte mais amplo, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. (Rowerde, 2020, p. 3).

Desta maneira, a sequência didática aqui apresentada se mostra eficaz no ensino da dilatação térmica a estudantes do ensino médio das nossas escolas, podendo ser replicada em outras turmas, ou ainda, reestruturada para ser utilizada em outros tópicos do ensino da física.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. A evolução do ensino de Física no Brasil (2º parte). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 55-73, março, 1980. ISSN 1806-9126. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol02a06.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. A evolução do ensino de Física no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979. ISSN 1806-9126. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a17.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

AP PHYSICS 2 outline of resources. Disponível em: <https://thephysicsaviary.com/Physics/Curriculum/AP2/index.php>. Acesso em: 14 jul. 2024.

ARAÚJO, M; ABIB, M. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, jun. 2003.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Guia de elaboração e revisão de itens**: banco nacional de itens, Enade. Brasília, DF: Inep, 2023.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: BNCC. 2018. Disponível em: [www.basenaionalcomum.mec.gov.br](http://www.basenaionalcomum.mec.gov.br). Acesso em: 20 ago. 2023.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: vol. ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

DIAS, N. L.; CASTRO, G. dos S.; COELHO, A. de A. **Simulação interativa para o estudo da dilatação térmica**. *A Física na Escola*, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 220309–1, 2023. Disponível em: <https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/56>. Acesso em: 20 fev. 2024.

DUFFY, A. **Heat and thermodynamics**: thermal expansion. Disponível em: <https://physics.bu.edu/~duffy/classroom.html>. Acesso em: 11 jul. 2024.

FENDT, W. **Apps on physics**. Disponível em: <https://walter-fendt.de/html5/phen/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 394 p.

KLEIN, L. F. Trajetória da educação jesuítica no Brasil. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/17504774-Trajectoria-da-educacao-jesuitica-no-brasil.html>. Acesso em: 16 jan. 2024

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.] v. 24, n. 2, 2002.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília – UNB, 2006.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.1, p. 95, 2000.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: a teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 2: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

PERES, T. R. **Educação brasileira no império**. In: PALMA FILHO, J. C. *Pedagogia cidadã cadernos de formação história da educação*. 3 ed. São Paulo: Santa Clara, 2005. p. 29-47. Disponível em: [https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/337931/1/caderno-formacao-pedagogia\\_3.pdf](https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/337931/1/caderno-formacao-pedagogia_3.pdf). Acesso em: 17 jan. 2024.

PHET Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 14 jul. 2024.

PHYSICS at school: HTML5. Disponível em: <https://vascak.cz/physicsanimations.php?l=em>. Acesso em: 14 jul. 2024.

PIETROCOLA, M.; BROCKINTON, G. Recursos Computacionais Disponíveis na Internet para o Ensino de Física moderna e Contemporânea. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3, 2003, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2003.

ROWERDE, C.; UGALDE, M. C. P. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 6, edição especial, 2020.

SAMPAIO, G. M. D.; SANTOS, N. P. dos. **Os livros didáticos de Física e Química nos primeiros dezoito anos do colégio de Pedro II (1838-1856)**. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p42.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2024.

TROILO, L. **Thermal Expansion**. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/M6zQnquE>. Acesso em: 11 jul. 2024.

ZABALA, A. **A prática educativa como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224p.

## APÊNDICE A – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA

Adaptação para alunos do 2º ano do ensino médio: José Rosendo Junior.  
Este roteiro é uma adaptação do roteiro do Prof. Nildo Loiola Dias, apresentado no ANEXO A e que está disponível na página <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br>.

### 1 OBJETIVOS

- Estudar a dilatação térmica em função da temperatura.
- Determinar o coeficiente de dilatação linear de sólidos.

### 2 MATERIAL

Link da simulação para a realização dessa prática:  
<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

### 3 FUNDAMENTOS

Um corpo ou uma substância ao absorver calor, aumenta sua energia interna e consequentemente aumenta sua temperatura. As moléculas que formam o corpo ou substância aumentam seu grau vibracional ocupando um volume maior. O aumento observado das dimensões de um corpo com o aumento da temperatura é denominado de dilatação térmica.

O dilatômetro é um aparelho ou dispositivo utilizado especialmente para a determinação do coeficiente de dilatação linear de sólidos em forma de “tubos”.

Sabemos que a dilatação  $\Delta L$  é dada por:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t \quad (1)$$

$\alpha$  = é o coeficiente de dilatação linear do material.

$L_0$  = é o comprimento do tubo, à temperatura inicial.

$\Delta t$  = é a variação de temperatura do tubo.

Assim, a expressão do coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ) procurado será:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t} \quad (2)$$

Onde no nosso caso:

$L_0$  = comprimento inicial

$\Delta t$  =  $t' - t$  = Variação de temperatura do tubo

$\Delta L$  = Variação do comprimento do tubo medido no relógio comparador (dilatação do tubo).

#### 4 PROCEDIMENTOS

Para a realização do experimento virtual sobre DILATAÇÃO TÉRMICA acesse à simulação:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

Para exercitar a leitura de um relógio comparador, acesse:

<https://www.stefanelli.eng.br/relogio-comparador-virtual-simulador-milimetro/>

Procedimento 1: Determinação do coeficiente de dilatação térmica do AÇO.

1.1 Escolha a mostra de AÇO.

1.2 Clique em MOSTRAR RELÓGIO, para visualizar o mostrador do relógio comparador. Verifique se o mesmo está zerado. Lembre-se de zerar o relógio comparador antes de iniciar o aquecimento. Para isto clique no ponto vermelho na borda do relógio comparador e gire o mostrador do relógio até que o “zero” da escala externa coincida com a posição do ponteiro maior

1.3 Pressione em “Mostrar Régua”. Clique sobre a régua e arraste-a para a posição desejada de modo a medir o comprimento  $L_0$ , à temperatura inicial, da porção do tubo considerada na dilatação (comprimento do tubo entre o ponto de fixação indicado pela seta vermelha e a extremidade fechada do tubo que toca o pino do relógio comparador). Note que:  $L_0 = 590 \text{ mm}$ . Se necessário pressione o botão “Ampliar” e utilize os botões direcionais para visualizar os pontos de interesse.

1.4 Ligue o Banho Térmico e regule a temperatura de aquecimento para  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Em seguida pressione “Start”. Aguarde a temperatura atingir  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  e anote a leitura do RELÓGIO COMPARADOR na Tabela 1.

OBS: As medidas em milímetro devem conter três casas decimais.

1.5 Regule a temperatura de aquecimento para cada valor indicado na Tabela 1 e anote as leituras do RELÓGIO COMPARADOR.

Tabela 1 - Resultados “experimentais” para o tubo de AÇO.

TEMPERATUR A INICIAL ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPERATUR A FINAL ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

1.6 Repita os procedimentos anteriores para o LATÃO e anote na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados “experimentais” para o tubo de LATÃO.

TEMPERATUR A INICIAL ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPERATUR A FINAL ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

**APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE  
UM EXPERIMENTO VIRTUAL:  
PRODUTO EDUCACIONAL PARA O MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA**

**JOSÉ ROSENDO JUNIOR**

**FORTALEZA - CE**

**2024**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE UM EXPERIMENTO VIRTUAL.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Aula 01 .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Aula 02.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Aula 03.....</b>	<b>12</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>14</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS, APLICADO NA AULA 01 E POSTERIORMENTE NA AULA 02.....</b>	<b>15</b>
	<b>APÊNDICE B - SLIDE USADO NA APRESENTAÇÃO TEÓRICA DE DILATAÇÃO TÉRMICA DA AULA 01.....</b>	<b>17</b>
	<b>APÊNDICE C – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA.....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO A – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA.....</b>	<b>24</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Caros(as) professores(as),

Este trabalho compõe a minha dissertação final do curso de mestrado profissional no ensino de física, que tem como título: Uma sequência didática sobre dilatação térmica com o uso de um experimento virtual. A seguir, é descrito uma proposta de sequência didática para o ensino de dilatação térmica, que visa auxiliar professores de física do ensino básico, das nossas escolas, no ensino desse conteúdo.

A sequência didática, aqui proposta, visa trazer a junção entre o conhecimento teórico, apresentado em sala, com a prática experimental, realizada por meio de um experimento virtual, de modo a favorecer a aprendizagem dos estudantes.

Sabendo da dificuldade que muitos profissionais de ensino encontram, ao lecionar ciências e tentar unir os conhecimentos aprendidos à prática vivenciada pelos estudantes, por meio da realização de experimentos, seja por falta de laboratórios ou matérias não adequados para estas atividades, este trabalho traz a aplicação de aulas experimentais por meio de experimento virtual computacional e de um roteiro adaptado para a atividade proposta, fortalecendo, assim, o ensino e aprendizagem em sala de aula.

Levando em consideração o conhecimento prévio que cada estudante possui, esta sequência de aulas se inicia com um questionário, de modo a obter as informações e dados referentes ao conhecimento dos alunos a respeito do assunto, e, com base nisso, dar início à apresentação das novas informações e à correção daquelas informações que o estudante possa ter adquirido e assimilado de forma errônea.

Entendendo a realidade da carga horário destinada ao ensino de física, em boa parte das escolas de ensino básico do nosso país, a sequência didática, aqui proposta, faz uso de 3 aulas de 50 minutos cada, favorecendo sua aplicação e podendo ser adaptada para a realidade de cada escola e cada turma.

Espero que a proposta de sequência didática, aqui apresentada, contribua e enriqueça ainda mais as aulas de física nas escolas do nosso país, se tornando uma ferramenta adicional a ser utilizada pelos professores.

## 2. UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE DILATAÇÃO TÉRMICA COM O USO DE UM EXPERIMENTO VIRTUAL.

A sequência didática é uma estratégia de ensino e aprendizagem que é composta por um conjunto de atividades ordenadas e relacionadas, facilitando a aprendizagem, de maneira gradual, por parte do estudante.

Essa metodologia contribui no ensino de diversos assuntos, até mesmo os tidos como difíceis, por possibilitar diversas abordagens para a construção do conhecimento pretendido, como destaca PAIC (2012):

As sequências são uma ferramenta muito importante para a construção do conhecimento: Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p. 21).

São diversas as dificuldades que muitos professores enfrentam no ensino da física, por conta de muitos estudantes verem e caracterizarem essa disciplina como algo difícil de se aprender e sem uma finalidade concreta em seu dia a dia, como retrata Silva e Tagliati (2010)

As aulas de Física são marcadas pela postura de desinteresse e pelos sentimentos de inutilidade e até mesmo repulsa por parte dos estudantes. Este obstáculo se insere dentro de uma realidade de aulas maçantes e descontextualizadas da cultura do aluno e as notas nas avaliações, que normalmente priorizam a memorização de fórmulas matemáticas, geram desconfortos e insatisfações ao demonstrar que os objetivos das aulas não foram alcançados (Silva; Tagliati, 2010, p. 7).

Desta maneira, faz-se necessário aulas que visam unir o conhecimento prévio desses estudantes com o que está sendo ensinado em sala de aula, favorecendo o protagonismo deles, através de sua participação nas aulas. Esses conhecimentos prévios fornecerão uma base para a aprendizagem dos assuntos novos, que serão apresentados ao estudante, como destaca Moreira, 2009,

Aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. (Moreira, 2009, p. 9-10).

Uma maneira eficaz de unir conhecimento teórico com os conhecimentos prévios dos estudantes se dá por meio das aulas experimentais, em que o estudante tem a possibilidade de relacionar o conhecimento teórico, aprendido em sala, com o prático, vivenciado na experimentação, podendo fazer um paralelo com a sua realidade cotidiana. Como Seré, Coelho

e Nunes (2003) descreve,

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. (Seré; Coelho; Nunes, 2003, p. 39)

Mesmo sabendo dos benefícios associados à aula experimental, no ensino e aprendizagem de conceitos da física, essa prática não é muito utilizada em nossas escolas, por conta da falta de laboratórios e/ou de materiais adequados para sua execução. Desta maneira, as simulações computacionais se mostram uma ferramenta eficaz para solucionar esses problemas, por ser de fácil acesso e favorecer a aprendizagem por parte dos alunos, como fala Moreira (2017):

É claro que laboratórios tradicionais são importantes no ensino de ciências, mas muitas vezes não são usados ou não existem nas escolas. Laboratórios virtuais podem motivar os alunos a contribuir para o desenvolvimento de competências científicas: 1. os alunos podem modificar características de modelos científicos; 2. podem criar modelos computacionais; 3. podem fazer experimentos sobre fenômenos não observáveis diretamente. 4. Criar ambientes online que usem dados individuais armazenados de estudantes, para guiá-los em experimentos virtuais apropriados para seus conhecimentos prévios e seus estágios de desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 2017, p. 11).

Dessa forma, este trabalho descreve uma sequência didática, construída para o ensino de dilatação linear, mas que pode ser adaptada e utilizada para diversos outros assuntos, que favorece a aprendizagem por meio da prática experimental, através de um experimento virtual

Na primeira aula, começamos aplicando um questionário inicial. Em seguida, apresentamos o conteúdo de dilatação térmica, usando uma metodologia tradicional, acompanhada de um experimento demonstrativo de dilatação linear.

Na segunda aula, utilizamos um simulador computacional, orientado por um roteiro de prática laboratorial desenvolvido para essa aula, para inserir os alunos no processo de uma aula experimental.

Finalmente, na terceira aula, reaplicamos o questionário inicial para obter os resultados e verificar a aprendizagem dos alunos, baseando-nos na avaliação de suas respostas. A aula termina com a correção do questionário, concluindo, assim, o procedimento dessa sequência didática.

## 2.1 Aula 1

A primeira aula desta sequência didática, assim como as demais, tem a duração de 50 min, com o foco, inicialmente, no levantamento de informações a respeito do conhecimento prévio que cada estudante traz. Esse conhecimento prévio é de muita importância para a aprendizagem, uma vez que serve como base para o novo conceito que lhe será apresentado.

O levantamento das informações do conhecimento prévio que os estudantes possuem, se dá por meio da aplicação de um questionário, de 10 questões de múltipla escolha, em que cada questão possui 4 itens possíveis de resposta, sendo compostas por um item com a resposta correta, um item com a afirmação de não saber a resposta, e dois outros itens, distratores, com respostas erradas, mas que não fugiam do tema, que é sua finalidade, como define o INEP (2023), em seu guia de laboração e revisão de itens:

Cada opção errada (distrator) deve ser plausível, isto é, fazer parte do contexto do item e ser uma resposta possível para o estudante que não desenvolveu a competência que está sendo avaliada. Os distratores não podem fugir do tema proposto, nem se constituir em afirmação evidentemente descabida até para quem não domina o assunto. Não transformar afirmações verdadeiras em falsas simplesmente pela inserção da palavra “não” ou pelo uso do prefixo “-in” ou por expressões totalizantes ou excludentes, como “apenas”, “todas”, “somente” etc. (INEP, 2023, pag. 34)

Abaixo temos o exemplo de uma das questões presentes no questionário, em que podemos observar a presença dos 4 itens, como descritos anteriormente. No apêndice A, deste trabalho, se encontra o questionário completo, possibilitando a replicação ou favorecendo a realização de alterações, de acordo com a realidade de cada sala de aula:

Tabela 01: questão aplicado com os itens e a resposta correta.

<p>3) Como a dilatação térmica está relacionada à temperatura?</p> <p>(a) A temperatura não afeta a dilatação térmica.</p> <p>(b) À medida que a temperatura aumenta, um material se contrai.</p> <p>(c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.</p> <p>(d) Não sei a resposta</p> <p>Resposta correta: (c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.</p>
---

Fonte: próprio autor.

Em um segundo momento, temos a apresentação do conteúdo de dilatação térmica, de maneira tradicional, fazendo uso de um projetor, favorecendo a visualização das imagens exemplificadas na aula. Neste momento, é feita uma descrição detalhada sobre dilatação térmica, coeficiente de dilatação, tipos de dilatação térmica e sua implicação no cotidiano

social, como mostram as Figuras 1 e 2 a seguir, algumas delas foram utilizadas nos *slides* desta primeira aula. No apêndice B se encontram os *slides* completos da apresentação teórica utilizada nesta aula.

Figura 01: Ferrovia deformada por conta do seu aquecimento.



Fonte: <https://www.mdig.com.br/index.php?itemid=39359>. Acesso em: 03 mar. 2024.

Figura 02: Fissura da ponte Rio-Niterói.



Fonte: [https://www.engenhariaeconstrucao.com/2015/07/fissura-junta-ponte-rio-niteroi.html#google\\_vignette](https://www.engenhariaeconstrucao.com/2015/07/fissura-junta-ponte-rio-niteroi.html#google_vignette).

Acesso em: 03 mar. 2024.

Esta apresentação teórica é aliada à demonstração qualitativa de dilatação térmica, por meio de um experimento real qualitativo, de dilatação linear, feito com um dilatômetro simples, de modo a demonstrar aos estudantes a variação de dilatação de um material, ao longo do tempo,

quando exposto a uma variação de temperatura.

O dilatômetro utilizado nesta aula foi cedido pela Universidade Federal do Ceará, para facilitar na apresentação deste conteúdo, mas é de fácil construção. Ele é composto por uma base de madeira que sustenta, em uma das suas extremidades, uma haste, em que fica composta uma presilha, cuja função é fixar uma das extremidades da vareta que será exposta ao calor. Na outra extremidade, fica um medidor visual de dilatação, composto por um ponteiro, em que a outra extremidade, livre, do material dilatado fica por cima do eixo do ponteiro. Isso faz com que este ponteiro gire quando o material é dilatado. Junto a este ponteiro, temos um transferidor, de modo a visualizarmos a variação angular do ponteiro, ao longo do tempo, devido à mudança de dimensões do material dilatado.

O dilatômetro usado, nesta demonstração visual, pode ser observado na Figura 03. Sua utilização tem apenas um caráter demonstrativo de dilatação térmica, de maneira a contribuir com a explicação dada ao longo da aula. Fica a escolha do professor sua utilização na aula, podendo ser substituído por outro tipo de dilatômetro ou pela demonstração da dilatação dos materiais por meio de um vídeo demonstrativo.

Figura 03: Dilatômetro caseiro usado na aula expositiva.



Fonte: próprio autor.

Este experimento foi posto em funcionamento no início da apresentação teórica e, ao final da aula, foi verificada a dilatação que o material sofreu ao ser aquecido por duas velas acesas. Finalizando, assim, a primeira aula desta sequência didática. O plano de aula desta demonstração está demonstrado abaixo.

Tabela 02: Plano de aula da primeira aula.

<p>Plano de Aula 01: Dilatação Térmica</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre dilatação térmica.</li> <li>- Introduzir e explicar o conceito de dilatação térmica e seus tipos.</li> <li>- Demonstrar a dilatação térmica através de um experimento visual qualitativo.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário de conhecimento prévio (impresso)</li> <li>- <i>Slides</i> de apresentação (projektor e computador)</li> <li>- Dilatômetro real simples</li> <li>- Fonte de calor (Velas)</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdução e Aplicação do Questionário de Conhecimento Prévio (10 minutos)</li> <li>2. Exposição Teórica e Demonstração de Experimento (35 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar <i>slides</i> sobre dilatação térmica, cobrindo os seguintes tópicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definição de dilatação térmica.</li> <li>● Tipos de dilatação térmica: linear, superficial e volumétrica.</li> <li>● Fórmulas e coeficientes de dilatação.</li> <li>● Exemplos práticos e aplicações.</li> </ul> </li> <li>- Demonstração do Experimento: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Preparar e explicar o experimento de dilatação térmica.</li> <li>● Aquecer a barra metálica uniformemente com a chama de duas velas.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>3. Conclusão e Discussão (5 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar a variação de comprimento da barra metálica.</li> </ul> </li> </ol>

Fonte: próprio autor.

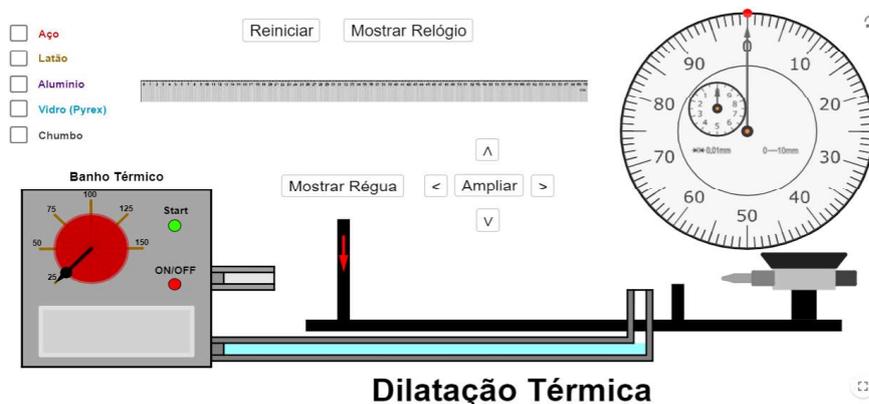
## 2.2 Aula 2

Neste segundo encontro, que ocorreu no laboratório de informática da escola, é utilizado uma abordagem que visa uma maior participação dos estudantes na construção do conhecimento. Isso se dá por meio de um do experimento virtual computacional de dilatação linear, que permite o estudo da dilatação térmica de alguns materiais. Essa simulação interativa se assemelha bastante com um experimento real, de dilatação térmica por banho térmico, possibilitando aos estudantes obter as medições de dilatação linear (variação do comprimento) em função da variação de temperatura de diversos materiais.

O experimento virtual utilizada nesta aula foi disponibilizada pelo Laboratório Virtual de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC). Intitulada "Dilatação Térmica", a simulação foi criada pela Me. Giselle dos Santos Castro e pelo Dr. Nildo Loiola Dias. Ela pode ser acessada através do seguinte endereço eletrônico: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br>.

Neste experimento virtual, podemos medir a dilatação térmica de diversos materiais, devido às mudanças de temperaturas sofridas por meio de um banho térmico. Esse banho térmico permite ajustar a temperatura do objeto entre 25°C e 150°C. Cada material é colocado sobre o dilatômetro, com uma extremidade fixada no ponto indicado pela seta vermelha na Figura 04, enquanto a outra extremidade toca o relógio comparador, que mede o comprimento da dilatação do material. Antes de iniciar o aquecimento, o relógio comparador tem que estar zerado, para dar início ao experimento, ao acionar o botão *start* da simulação. A simulação também permite a medição do comprimento inicial do material, por meio de uma régua milimetrada.

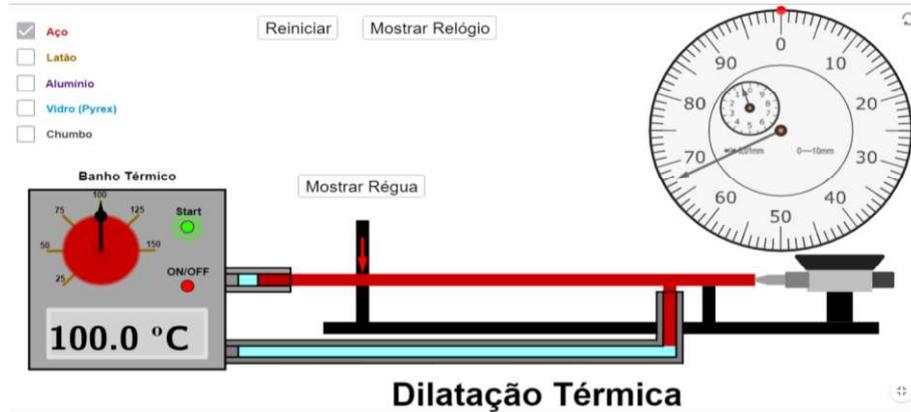
Figura 04: Imagem da tela inicial do experimento virtual de dilatação térmica com o relógio comparador e a régua à mostra.



Fonte: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>. Acesso 05 fev. 2024

Na Figura 5, podemos verificar o relógio comparador medindo a variação de dilatação térmica do aço, ao ser exposto a uma temperatura de 100°C.

Figura 05: Imagem da medição de dilatação térmica do aço, feita por meio do relógio comparador.



Fonte: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>. Acesso 05 fev. 2024

Esta simulação, assim como diversas outras presentes no portal, é acompanhada de um roteiro de prática experimental, no qual foi feita uma readaptação, para ser aplicada na aula, visando atender a demanda do tempo de aula, e o objetivo proposto na prática, que é o de cálculo do coeficiente de dilatação linear de alguns materiais, como mostra a Figura 06, do roteiro de prática adaptado.

Figura 06: Tabelas do roteiro de pratica experimental adaptado.

Tabela 1 - Resultados “experimentais” para o tubo de AÇO.

TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA FINAL (°C)	$\Delta T$ (°C)	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

1.6 Repita os procedimentos anteriores para o LATÃO e anote na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados “experimentais” para o tubo de LATÃO.

TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA FINAL (°C)	$\Delta T$ (°C)	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

Fonte: Roteiro adaptado do experimento virtual computacional de dilatação térmica.

O roteiro de prática original, disponibilizado pelo site, e o adaptado estão presentes, respectivamente, nos anexos A e apêndice C deste trabalho, podendo ser reutilizados, e/ou adaptados, para a realidade de cada turma, e o plano de aula, desta segunda aula, está descrito na Tabela 03.

Tabela 03: Plano de aula da segunda aula.

<p>Plano de Aula 02: Prática Laboratorial de Dilatação Térmica com o experimento virtual</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar um do experimento virtual computacional para realizar experimentos de dilatação térmica.</li> <li>- Guiar os alunos através de um roteiro de prática laboratorial.</li> <li>- Calcular o coeficiente de dilatação linear do aço e do latão.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Computadores com acesso à internet</li> <li>- Experimento virtual de dilatação térmica do Laboratório Virtual de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) (<a href="https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br">https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br</a>)</li> <li>- Roteiro de prática laboratorial (impresso ou digital)</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação do experimento virtual (10 minutos)</li> <li>2. Execução da Prática Laboratorial (30 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuir o roteiro de prática laboratorial aos alunos.</li> <li>- Orientar os alunos a seguir o roteiro, realizando as medições e observações necessárias.</li> </ul> </li> <li>3. Cálculo do coeficiente de dilatação linear (10 minutos) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando a equação, presente no roteiro de pratica, calcular o coeficiente de dilatação linear do aço e do latão.</li> </ul> </li> </ol>

Fonte: próprio autor.

### 2.3 Aula 3

Para encerrar esta sequência didática e verificar a aprendizagem dos alunos, por meio desta, é reaplicado o questionário utilizado na primeira aula, para examinarmos se houve mudanças nas respostas, gerando uma aprendizagem do conteúdo apresentado.

Após a reaplicação, faz-se um levantamento do resultado dos alunos e uma comparação com as respostas iniciais, da primeira aula, a fim de verificar se houve mudanças e melhorias nas respostas dos estudantes.

Em seguida, é feito a correção do questionário completo, e feito um momento final de tirar as dúvidas dos alunos a respeito do assunto, para encerrar o ciclo de aulas e finalizar a sequência didática estabelecida.

Abaixo está descrito o plano de aula deste terceiro e último momento da nossa sequência didática sobre dilatação térmica com o uso de um laboratório virtual.

Tabela 04: Plano de aula da terceira aula.

<p>Plano de Aula: Revisão e Avaliação do Conhecimento sobre Dilatação Térmica</p> <p>Duração: 50 minutos</p> <p>Público-alvo: Alunos do Ensino Médio</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar o conhecimento dos alunos sobre dilatação térmica através da reaplicação do questionário da aula 01.</li> <li>- Comparar as respostas atuais do questionário com as respostas anteriores.</li> <li>- Corrigir o questionário e esclarecer dúvidas sobre o tema.</li> </ul>
<p>Materiais Necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário de 10 questões sobre dilatação térmica (impresso).</li> <li>- Cópias das respostas do primeiro questionário (para comparação).</li> <li>- Quadro branco e marcadores ou um projetor para a correção.</li> <li>- Canetas ou lápis para os alunos</li> </ul>
<p>Estrutura da Aula</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reaplicação do Questionário (10 minutos)</li> </ol>

2. Comparação das Respostas (20 minutos)

- Distribuir aos alunos as cópias das respostas do primeiro questionário.
- Orientar os alunos a compararem suas respostas atuais com as respostas anteriores.

3. Correção do Questionário e Tira-dúvidas (20 minutos)

- Corrigir o questionário coletivamente, utilizando o quadro branco ou o projetor.

Fonte: próprio autor.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Guia de Elaboração e Revisão de Itens**. Banco Nacional de Itens - Enade. Brasília, DF: Inep, 2023.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa (PAIC): alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio Gestão Educacional**. - Brasília: MEC, SEB, 2012.

MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 11, 2017.

MOREIRA, Marcos Antônio. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre - RS, 2009.

SÉRÈ, M.G.; COELHO, S.M.; NUNES, A.D. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 20, 1 (2003).

ROWERDE, C.; UGALDE, M. C. P. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, Edição Especial, 2020.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS, APLICADO  
NA AULA 01 E POSTERIORMENTE NA AULA 02**

- 1) O que é dilatação térmica?
- (a) O resfriamento de um material.
  - (b) A expansão de um material quando aquecido.
  - (c) Uma mudança de estado de um material.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (b) A expansão de um material quando aquecido.

- 2) Quais são os três principais tipos de dilatação térmica?
- (a) Linear, angular e volumétrica.
  - (b) Superficial, tangencial e linear.
  - (c) Linear, superficial e volumétrica.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) Linear, superficial e volumétrica.

- 3) Como a dilatação térmica está relacionada à temperatura?
- (a) A temperatura não afeta a dilatação térmica.
  - (b) À medida que a temperatura aumenta, um material se contrai.
  - (c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) À medida que a temperatura aumenta, um material se expande.

- 4) O que são coeficientes de dilatação térmica?
- (a) São valores que indicam a temperatura de fusão de um material.
  - (b) São valores que indicam a quantidade pela qual um material se expande ou contrai com a variação de temperatura.
  - (c) São valores que indicam a densidade de um material.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (b) São valores que indicam a quantidade pela qual um material se expande ou contrai com a variação de temperatura.

- 5) Por que é importante considerar a dilatação térmica em projetos de engenharia civil, como a construção de pontes e estradas?
- (a) Pouco é importante, pois a dilatação térmica não afeta essas estruturas.
  - (b) É importante evitar rachaduras e deformações causadas por mudanças de temperatura.
  - (c) É importante apenas em climas frios.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (b) É importante evitar rachaduras e deformações causadas por mudanças de temperatura.

- 6) Dos itens abaixo qual lista exemplos de objetos ou dispositivos cotidianos nos quais a dilatação térmica ocorre com mais facilidade?
- (a) Nenhum exemplo pois a dilatação térmica é um fenômeno raro.
  - (b) Trilhos de trem, asfalto ou cobre.
  - (c) Porcelana, plástico ou vidro.
  - (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (b) Trilhos de trem, asfalto ou cobre.

7) Como a dilatação térmica é medida ou calculada em experimentos ou projetos práticos?

- (a) Medindo a variação da massa do material.
- (b) Através da observação da cor do material.
- (c) Usando o coeficiente de dilatação térmica do material e a fórmula  $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ .
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) Usando o coeficiente de dilatação térmica do material e a fórmula  $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ .

8) Qual é a importância de compreender a dilatação térmica em campos como a engenharia, a arquitetura e a fabricação de dispositivos eletrônicos?

- (a) É importante para a venda de produtos que dilatam mais quando esfriados.
- (b) É importante evitar que as estruturas se expandam em climas frios.
- (c) É importante para o dimensionamento correto de estruturas e dispositivos, evitando danos e problemas de funcionamento.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: (c) É importante para o dimensionamento correto de estruturas e dispositivos, evitando danos e problemas de funcionamento.

9) Imagine que você tem uma lâmina de vidro e uma lâmina de alumínio com a mesma dimensão inicial. Se ambas forem aquecidas à mesma temperatura, qual delas terá uma variação maior de comprimento? Porque?

- a) Uma lâmina de vidro terá uma variação maior de comprimento, porque o vidro é um material condutor de calor mais eficiente que o alumínio.
- b) A lâmina de alumínio terá uma variação maior de comprimento, porque o alumínio tem um coeficiente de dilatação térmica mais alto do que o vidro.
- c) Ambas as lâminas terão variações de comprimento iguais, porque a temperatura é a mesma para ambas.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: b) A lâmina de alumínio terá uma variação maior de comprimento, porque o alumínio tem um coeficiente de dilatação térmica mais alto do que o vidro. Esta resposta destaca a importância dos coeficientes de dilatação térmica dos materiais na determinação da extensão da dilatação térmica.

10) Qual material dilata mais quando aquecido: um material com maior coeficiente de dilatação térmica ou um material com menor coeficiente de dilatação térmica?

- a) Um material com maior coeficiente de dilatação térmica.
- b) Um material com menor coeficiente de dilatação térmica.
- c) Ambos dilatam na mesma proporção quando aquecidos igualmente, pois o que importa é a temperatura e não o coeficiente de dilatação térmica.
- (d) Não sei a resposta

Resposta correta: a) Um material com maior coeficiente de dilatação térmica.

## APÊNDICE B – SLIDE USADO NA APRESENTAÇÃO TEÓRICA DE DILATAÇÃO TÉRMICA DA AULA 01.

Slide 01

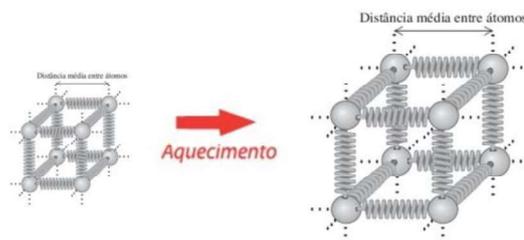
### DILATAÇÃO TÉRMICA



Slide 02

### DILATAÇÃO TÉRMICA

- **Dilatação Térmica** é a variação que ocorre nas dimensões de um corpo quando submetido a uma variação de temperatura.
- Um aumento de temperatura faz com que aumente a vibração e o distanciamento entre os átomos que constituem um corpo sólido. Em consequência disso, ocorre um aumento nas suas dimensões.



- À medida que a temperatura aumenta, um material se expande, e a medida em que a temperatura diminui, o material se contrai.

Slide 03

## DILATAÇÃO TÉRMICA

- O estudo da **dilatação térmica** é de grande importância para diversas áreas do conhecimento. Na construção civil, por exemplo, há grande preocupação com a escolha de materiais que não dilatam de forma muito expressiva quando sujeitos a uma grande amplitude térmica, a fim de evitar-se o surgimento de rachaduras ou até mesmo defeitos estruturais que podem prejudicar a integridade estrutural de pontes, prédios, galpões e viadutos etc.



Slide 04

## Quais são os principais tipos de dilatação térmica?

- Dilatação **LINEAR**: aumento em 1 dimensão (ex.: barras, fios, etc.);
- Dilatação **SUPERFICIAL**: aumento em 2 dimensões (ex.: placas).
- Dilatação **VOLUMÉTRICA**: aumento do volume do corpo (ex.: esfera, cubo, etc)

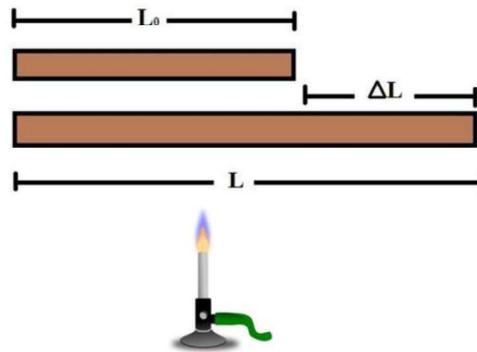
Slide 05

## Dilatação linear

Ocorre principalmente para fios, tiras, barras e trilhos de trem. Esse tipo de dilatação afeta diretamente o comprimento desses objetos, de acordo com a seguinte equação:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

$\Delta L$  - variação do comprimento (m)  
 $L_0$  - comprimento inicial (m)  
 $\alpha$ : Coeficiente de dilatação linear ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )  
 $\Delta T$  - variação de temperatura (K ou  $^{\circ}\text{C}$ )



Slide 06

## Coeficiente de dilatação linear

substância	Coeficiente de expansão linear ( $\alpha$ ) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$
aço	$1,1 \times 10^{-5}$
alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
chumbo	$2,9 \times 10^{-5}$
cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
ferro	$1,2 \times 10^{-5}$
latão	$2,0 \times 10^{-5}$
ouro	$1,4 \times 10^{-5}$
prata	$1,9 \times 10^{-5}$
vidro comum	$0,9 \times 10^{-5}$
vidro pirex	$0,3 \times 10^{-5}$
zinco	$6,4 \times 10^{-5}$

Um material com o maior coeficiente de dilatação térmica, dilata mais quando aquecido.

Slide 07

## Todos os corpos se dilatam da mesma maneira? NÃO !

- **Coefficiente de dilatação térmica:** A dilatação é proporcional ao aumento de temperatura, mas não é a mesma para diferentes materiais, ou seja, mesmo para uma mesma variação de temperatura, a dilatação dos corpos não será a mesma para diferentes materiais, pois cada um tem um coeficiente de dilatação característico.

Slide 08

## Dilatação superficial

Ocorre nos corpos que têm formato de áreas, como em telhas ou placas de cimento, por exemplo. Para calcular a dilatação superficial utilizamos a seguinte fórmula:

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta T$$

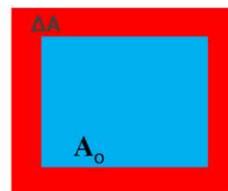
Onde,

$\Delta A$ : Variação da área (m<sup>2</sup> ou cm<sup>2</sup>)

$A_0$ : Área inicial (m<sup>2</sup> ou cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coeficiente de dilatação superficial (°C<sup>-1</sup>)

$\Delta \theta$ : Variação de temperatura (°C)



Slide 09

## Dilatação volumétrica ou cúbica

Resulta do aumento no volume de um corpo, o que acontece, por exemplo, com uma barra de ouro. Para calcular a dilatação volumétrica utilizamos a seguinte fórmula:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$$

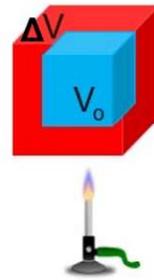
Onde,

$\Delta V$ : Variação do volume ( $m^3$  ou  $cm^3$ )

$V_0$ : Volume inicial ( $m^3$  ou  $cm^3$ )

$\gamma$ : Coeficiente de dilatação volumétrica ( $^{\circ}C^{-1}$ )

$\Delta\theta$ : Variação de temperatura ( $^{\circ}C$ )



## APÊNDICE C – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA

Prof. Nildo Loiola Dias

Adaptação para alunos do 2º ano do ensino médio: José Rosendo Junior.

Este roteiro é uma adaptação do roteiro do Prof. Nildo Loiola Dias, apresentado no ANEXO A e que está disponível na página <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br>.

### 1 OBJETIVOS

- Estudar a dilatação térmica em função da temperatura.
- Determinar o coeficiente de dilatação linear de sólidos.

### 2 MATERIAL

Link da simulação para a realização dessa prática:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

### 3 FUNDAMENTOS

Um corpo ou uma substância ao absorver calor, aumenta sua energia interna e conseqüentemente aumenta sua temperatura. As moléculas que formam o corpo ou substância aumentam seu grau vibracional ocupando um volume maior. O aumento observado das dimensões de um corpo com o aumento da temperatura é denominado de dilatação térmica.

O dilatômetro é um aparelho ou dispositivo utilizado especialmente para a determinação do coeficiente de dilatação linear de sólidos em forma de “tubos”.

Sabemos que a dilatação  $\Delta L$  é dada por:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t \quad (1)$$

$\alpha$  = é o coeficiente de dilatação linear do material.

$L_0$  = é o comprimento do tubo, à temperatura inicial.

$\Delta t$  = é a variação de temperatura do tubo.

Assim, a expressão do coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ) procurado será:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t} \quad (2)$$

Onde no nosso caso:

$L_0$  = comprimento inicial

$\Delta t$  =  $t' - t$  = Variação de temperatura do tubo

$\Delta L$  = Variação do comprimento do tubo medido no relógio comparador (dilatação do tubo).

## 4 PROCEDIMENTOS

Para a realização do experimento virtual sobre DILATAÇÃO TÉRMICA acesse à simulação:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

Para exercitar a leitura de um relógio comparador, acesse:

<https://www.stefanelli.eng.br/relogio-comparador-virtual-simulador-milimetro/>

Procedimento 1: Determinação do coeficiente de dilatação térmica do AÇO.

1.1 Escolha a mostra de AÇO.

1.2 Clique em MOSTRAR RELÓGIO, para visualizar o mostrador do relógio comparador. Verifique se o mesmo está zerado. Lembre-se de zerar o relógio comparador antes de iniciar o aquecimento. Para isto clique no ponto vermelho na borda do relógio comparador e gire o mostrador do relógio até que o “zero” da escala externa coincida com a posição do ponteiro maior

1.3 Pressione em “Mostrar Régua”. Clique sobre a régua e arraste-a para a posição desejada de modo a medir o comprimento  $L_0$ , à temperatura inicial, da porção do tubo considerada na dilatação (comprimento do tubo entre o ponto de fixação indicado pela seta vermelha e a extremidade fechada do tubo que toca o pino do relógio comparador). Note que:  $L_0 = 590 \text{ mm}$ . Se necessário pressione o botão “Ampliar” e utilize os botões direcionais para visualizar os pontos de interesse.

1.4 Ligue o Banho Térmico e regule a temperatura de aquecimento para  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Em seguida pressione “Start”. Aguarde a temperatura atingir  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  e anote a leitura do RELOGIO COMPARADOR na Tabela 1.

OBS: As medidas em milímetro devem conter três casas decimais.

1.5 Regule a temperatura de aquecimento para cada valor indicado na Tabela 1 e anote as leituras do RELÓGIO COMPARADOR.

Tabela 1 - Resultados “experimentais” para o tubo de AÇO.

TEMPERATURA INICIAL ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPERATURA FINAL ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

1.6 Repita os procedimentos anteriores para o LATÃO e anote na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados “experimentais” para o tubo de LATÃO.

TEMPERATURA INICIAL ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPERATURA FINAL ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	$L_0$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\alpha$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
25	50				
25	100				
25	150				
Valor Médio					

## ANEXO A – ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA

Roteiro do Prof. Nildo Loiola Dias, que está disponível na página  
<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br>.

### ROTEIRO P/ SIMULAÇÃO: DILATAÇÃO TÉRMICA

Prof. Nildo Loiola Dias

#### 1 OBJETIVOS

- Estudar a dilatação térmica em função da temperatura.
- Determinar o coeficiente de dilatação linear de sólidos.

#### 2 MATERIAL

Filme mostrando um dilatômetro linear em uso:  
<https://www.youtube.com/watch?v=hhoEHgyKCzs>

Para exercitar a leitura de um relógio comparador, acesse:  
<https://www.stefanelli.eng.br/relogio-comparador-virtual-simulador-milimetro/>

Link da simulação para a realização dessa prática:  
<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

#### 3 FUNDAMENTOS

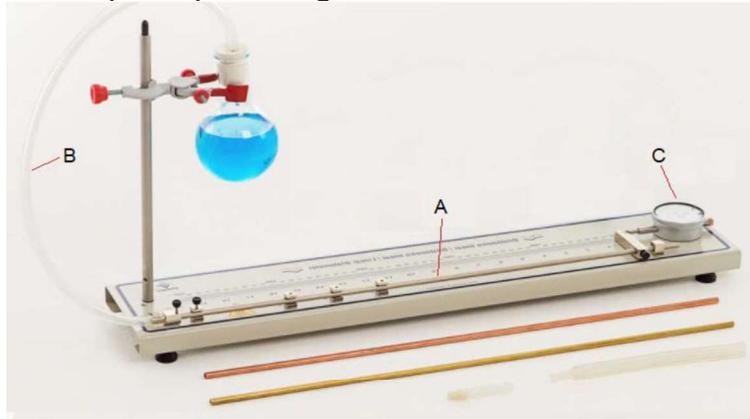
Um corpo ou uma substância ao absorver calor, aumenta sua energia interna e consequentemente aumenta sua temperatura. As moléculas que formam o corpo ou substância aumentam seu grau vibracional ocupando um volume maior. O aumento observado das dimensões de um corpo com o aumento da temperatura é denominado de dilatação térmica.

O dilatômetro é um aparelho ou dispositivo utilizado especialmente para a determinação do coeficiente de dilatação linear de sólidos em forma de “tubos”. Consta de uma base, duas hastes fixadas na base sobre as quais se apoia o tubo oco do material cujo coeficiente de dilatação se pretende determinar. Uma terceira haste, também fixa na base, serve de sustentação para o relógio comparador que deve ser fixado tocando a extremidade do tubo oco.

Na Figura 1 temos uma fotografia do experimento real utilizado nos laboratórios de ensino de física. O tubo da substância, cujo coeficiente de dilatação se quer determinar, A, é aquecido pelo vapor d’água (conduzido por um tubo de borracha B), que percorre o interior do tubo e com o qual se põe em equilíbrio térmico. Ao ser aquecido, o tubo oco se dilata e pressiona o relógio comparador, C, que registra a dilatação  $\Delta L$ . Neste experimento a temperatura inicial do tubo oco é a temperatura ambiente e a temperatura final é a temperatura do vapor d’água que podem ser medidas com um termômetro não mostrado. Na Figura 1 não aparece a fonte de

calor para o aquecimento da água.

Figura 1 – Dilatômetro Linear, mostrando um recipiente com água e corante (para melhor visualização), ligado por uma mangueira, B, a uma vareta metálica em posição no dilatômetro, A, e o relógio comparador, C. Também podemos ver mais duas varetas adicionais. Não está mostrada a fonte de calor para aquecer a água.



Fonte: Adaptado de [Dilatômetro Linear, Digital - EQ019 | Cidepe - Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa](#) Acesso em 28 de jun de 2021.

No link a seguir: <https://www.youtube.com/watch?v=hhoHgyKCzs> podemos ver um filme mostrando um dilatômetro linear em uso.

Sabemos que a dilatação  $\Delta L$  é dada por:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t \quad (1)$$

$\alpha$  = é o coeficiente de dilatação linear do material.

$L_0$  = é o comprimento do tubo, à temperatura inicial.

$\Delta t$  = é a variação de temperatura do tubo.

Assim, a expressão do coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ) procurado será:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t} \quad (2)$$

Onde no nosso caso:

$L_0$  = (**não é o comprimento total do tubo**) é o comprimento, à temperatura inicial, da porção do tubo considerada na dilatação, isto é, o comprimento do tubo entre o ponto de fixação, na haste próxima à extremidade do mesmo por onde se dá a entrada do vapor de água e a extremidade fechada que toca o relógio comparador.

$\Delta t$  =  $t' - t$  = Variação de temperatura do tubo, onde  $t'$  é a temperatura medida do vapor de água e  $t$  a temperatura inicial (temperatura ambiente).

$\Delta L$  = Variação do comprimento do tubo medido no relógio comparador (dilatação do tubo).

OBS: No experimento real, descrito acima, só é possível conhecer a temperatura inicial do tubo oco (temperatura ambiente) e a temperatura final (temperatura do vapor de água). Na simulação é possível conhecer a temperatura do tubo oco desde a temperatura ambiente (25°C) até a temperatura máxima fornecida pelo banho térmico (150°C). A temperatura do tubo oco será considerada sempre igual ao valor indicado pelo banho térmico. Na Figura 2 podemos ver um equipamento real, comercialmente produzido, com um banho térmico para aquecimento. O programa que será utilizado simula um equipamento semelhante ao mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Dilatômetro real com banho térmico.

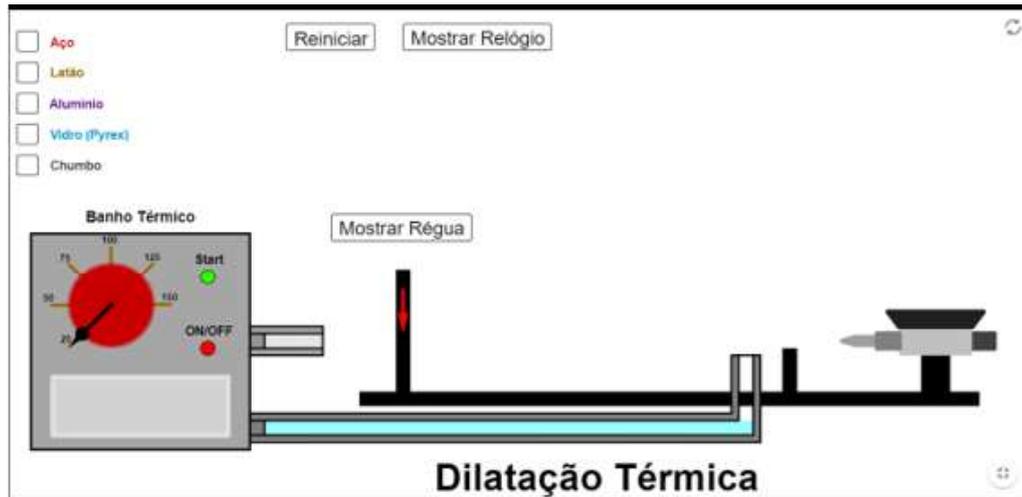


Fonte: [Experiência: Expansão térmica de corpos sólidos \(230 V, 50/60 Hz\) - 8000577 - UE2010130-230 - Dilatação térmica - 3B Scientific](#) Acesso em 29 de junho de 2021.

### DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO

Na Figura 3 temos a tela principal da simulação DILATAÇÃO TÉRMICA. À esquerda temos um BANHO TÉRMICO que nada mais é do que um aparelho que pode aquecer um líquido, representado em azul, e fazê-lo circular no interior de um tubo oco. O BANHO TÉRMICO indica sempre a temperatura do líquido em um dado instante (consideraremos que a temperatura do tubo oco do material em estudo é sempre igual à temperatura indicada no BANHO TÉRMICO). A temperatura pode variar de 25 °C (temperatura ambiente) até uma temperatura máxima de 150 °C. O RELÓGIO COMPARADOR, representado à direita na simulação, aparece inicialmente com sua face voltada para cima. Para visualizar a face do RELÓGIO COMPARADOR de modo a fazer as leituras de  $\Delta L$ , clique em MOSTRAR RELÓGIO; assim a simulação mostrará o RELÓGIO COMPARADOR.

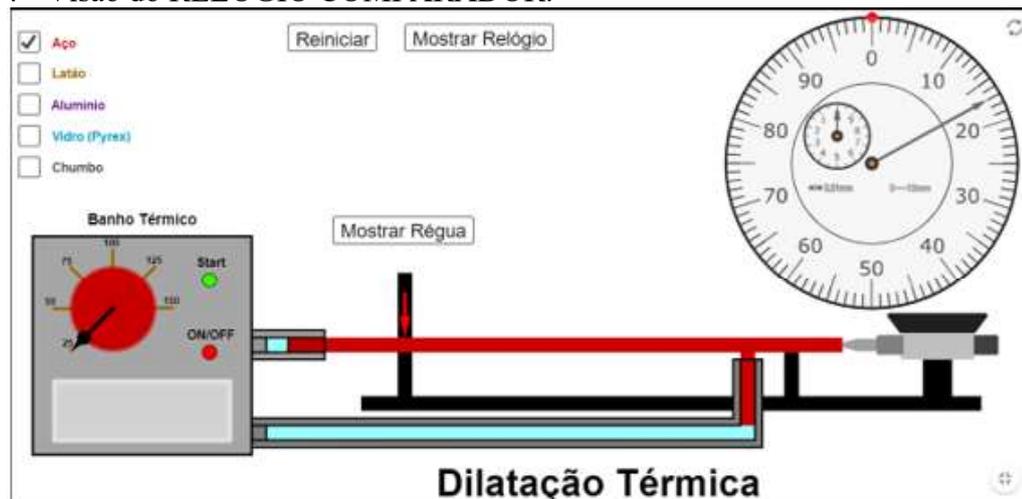
Figura 3 - Tela inicial da simulação: Dilatação Térmica.



Fonte: próprio autor.

Uma amostra (tubo oco) pode ser escolhida dentre as 5 amostras indicadas. Cada amostra é posicionada no dilatômetro e tem um ponto fixo indicado pela seta vermelha. Sua extremidade direita fica tocando o RELÓGIO COMPARADOR. Assim como acontece muitas vezes em um experimento real, ao fixar uma amostra no dilatômetro, a amostra, pressiona o pino do RELÓGIO COMPARADOR e o mesmo não fica zerado, Figura 4. O usuário deve então ter o cuidado de zerar o RELÓGIO COMPARADOR antes de iniciar o aquecimento da amostra. Para zerar o RELÓGIO COMPARADOR o usuário deve clicar no ponto vermelho na borda do mostrador do mesmo e arrastar até que o zero da escala coincida com a extremidade do ponteiro maior. Para fazer as leituras de  $\Delta L$ , tenha sempre em mente que a menor divisão da escala no RELÓGIO COMPARADOR representa 0,01 mm e que cada volta completa corresponde a 1,00 mm. O número de voltas que correspondente ao número de mm, é indicado pelo ponteiro menor do RELÓGIO COMPARADOR. Observe que o ponteiro menor gira no sentido anti-horário seguindo a numeração em sequência.

Figura 4 - Visão do RELÓGIO COMPARADOR.

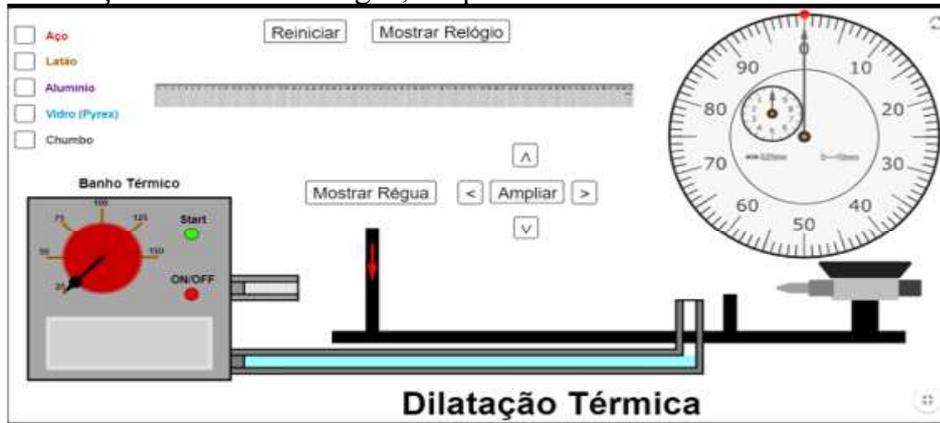


Fonte: próprio autor.

Para medir o comprimento inicial do tubo oco, o usuário deverá fazer uso de uma RÉGUA da própria simulação. Ao pressionar MOSTRAR RÉGUA aparece um botão AMPLIAR e quatro botões direcionais, Figura 5. Ao clicar em AMPLIAR, a Régua e as imagens da simulação são ampliadas na mesma proporção, de modo a facilitar a medida com a

RÉGUA. A RÉGUA pode ser arrastada para qualquer posição. Os botões direcionais movimentam as imagens como indicado em cada botão. O usuário deve ter em mente que o comprimento efetivo do tubo que ao dilatar pressiona o RELÓGIO COMPARADOR deve ser medido do ponto fixo, indicado pela seta vermelha e a extremidade do tubo que toca o pino do RELÓGIO COMPARADOR.

Figura 5 – Simulação mostrando a Régua, os quatro botões direcionais e o botão AMPLIAR.

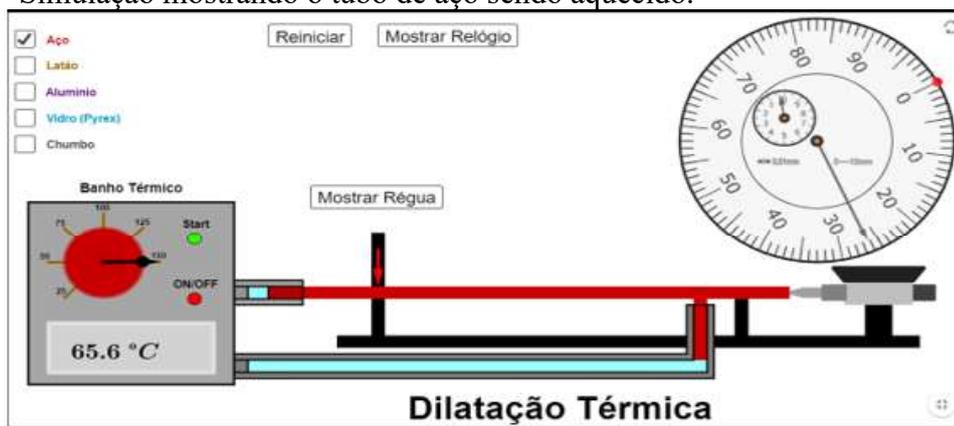


Fonte: próprio autor.

Ao escolher uma nova amostra, a mesma será aquecida da temperatura ambiente (25 °C) até a temperatura máxima de 150 °C. Observe que ao escolher uma amostra, a mesma é posicionada no dilatômetro e ao observar o mostrador do RELÓGIO COMPARADOR, o mesmo pode não estar zerado. Para zerá-lo, clique no ponto vermelho na borda do RELÓGIO COMPARADOR e gire a escala até que o zero da escala coincida com a posição do ponteiro maior.

Na Figura 6 podemos ver um tubo de Aço sendo aquecido de 25,0 °C a 150,0 °C. A figura mostra o instante em que a temperatura atinge 65,0 °C.

Figura 6 – Simulação mostrando o tubo de aço sendo aquecido.



Fonte: próprio autor.

Para aquecer uma amostra o usuário deverá ligar o BANHO TÉRMICO utilizando o botão ON/OFF e selecionar a temperatura final de aquecimento. Para selecionar a temperatura final de aquecimento o usuário deverá clicar no círculo preto na borda do seletor vermelho do BANHO TÉRMICO e arrastá-lo para a temperatura desejada. Ao clicar em START o BANHO TÉRMICO entra em funcionamento e o aquecimento ocorre gradualmente. O BANHO

TÉRMICO também pode ser usado para baixar a temperatura; para isso basta selecionar uma temperatura final no seletor, menor do que a temperatura corrente mostrada em seu visor.

O botão REINICIAR retorna a temperatura para a temperatura ambiente (25,0 °C), retorna também a leitura do RELÓGIO COMPARADOR proporcionalmente a variação de temperatura, mas mantém a amostra em posição. As setas no canto superior direito reiniciam a simulação totalmente.

#### 4 PROCEDIMENTOS

Para a realização do experimento virtual sobre DILATAÇÃO TÉRMICA acesse à simulação:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/dilatacao-termica>

Para exercitar a leitura de um relógio comparador, acesse:

<https://www.stefanelli.eng.br/relogio-comparador-virtual-simulador-milimetro/>

Procedimento 1: Determinação do coeficiente de dilatação térmica do AÇO.

1.1 Escolha a mostra de AÇO.

1.2 Clique em MOSTRAR RELÓGIO, para visualizar o mostrador do relógio comparador. Verifique se o mesmo está zerado. Lembre-se de zerar o relógio comparador antes de iniciar o aquecimento. Para isto clique no ponto vermelho na borda do relógio comparador e gire o mostrador do relógio até que o “zero” da escala externa coincida com a posição do ponteiro maior

1.3 Pressione em “Mostrar Régua”. Clique sobre a régua e arraste-a para a posição desejada de modo a medir o comprimento  $L_0$ , à temperatura inicial, da porção do tubo considerada na dilatação (comprimento do tubo entre o ponto de fixação indicado pela seta vermelha e a extremidade fechada do tubo que toca o pino do relógio comparador). Anote:  $L_0 =$  \_\_\_\_\_. Se necessário pressione o botão “Ampliar” e utilize os botões direcionais para visualizar os pontos de interesse.

1.4 Ligue o Banho Térmico e regule a temperatura de aquecimento para 50 °C. Em seguida pressione “Start”. Aguarde a temperatura atingir 50 °C e anote a leitura do RELÓGIO COMPARADOR na Tabela 1.

OBS: As medidas em milímetro devem conter três casas decimais.

1.5 Regule a temperatura de aquecimento para cada valor indicado na Tabela 1 e anote as leituras do RELÓGIO COMPARADOR.

Tabela 1 - Resultados “experimentais” para o tubo de AÇO.

t (°C)	25	50	75	100	125	150
$\Delta L$ (mm)	0,000					
$\Delta t$ (°C)	0,0	25	50	75	100	150

1.6 Repita os procedimentos anteriores para o LATÃO e anote na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados “experimentais” para o tubo de LATÃO.

t (°C)	25	50	75	100	125	150
$\Delta L$ (mm)	0,000					
$\Delta t$ (°C)	0,0	25	50	75	100	150

1.7 Repita os procedimentos anteriores para o CHUMBO e anote na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados “experimentais” para o tubo de CHUMBO.

t (°C)	25	50	75	100	125	150
$\Delta L$ (mm)	0,000					
$\Delta t$ (°C)	0,0	25	50	75	100	150

## 5 QUESTIONÁRIO

- 1- Faça o gráfico da dilatação térmica ( $\Delta L$ ) em função da variação da temperatura ( $\Delta t$ ) para os resultados encontrados para o Aço, o Latão e para o Chumbo.
- 2- O que representa o coeficiente angular do gráfico da questão anterior? Justifique.
- 3- Compare o coeficiente de dilatação linear encontrado experimentalmente para cada material estudado nesta prática com os valores respectivos da literatura (citar a fonte consultada). Indique o erro percentual em cada caso.
- 4- Na figura abaixo vemos uma junta de dilatação em uma ponte. Justifique a necessidade de juntas de dilatação em pontes e outras estruturas em função dos resultados da prática realizada.



Fonte da figura: [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/juntas-de-dilatacao-ajudam-a-evitar-fadiga-estrutural-de-pontes-e-viadutos\\_14462\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/juntas-de-dilatacao-ajudam-a-evitar-fadiga-estrutural-de-pontes-e-viadutos_14462_10_0). Acesso em 09 jan. 2019.

- 5- Uma lâmina bimetálica consiste de duas tiras metálicas rebitadas. A tira superior é de aço e a tira inferior é de latão. O que aconteceria com a lâmina bimetálica em um dia muito frio? Justifique.



- 6- Explique o que ocorre ao período de um relógio de pêndulo com o aumento da temperatura. Com o aumento da temperatura, o relógio de pêndulo passa a adiantar, atrasar ou permanece marcando as horas corretamente?
- 7- Uma pequena esfera de latão pode atravessar um anel de aço. Entretanto, aquecendo a esfera, ela não conseguirá mais atravessar o anel. (a) O que aconteceria se aquecêssemos o anel e não a esfera? (b) O que aconteceria se aquecêssemos igualmente o anel e a esfera?