

# Relatório Parcial: Demonstração da existência de dilatação térmica e medida do coeficiente linear de dilatação

**Aluno:** Felipe Mascagna Bittencourt Lima **RA:** 060675  
**Orientador:** Marcos Cesar de Oliveira – IFGW/ UNICAMP

## 1) Projeto

### Descrição

O objetivo deste projeto é mostrar um experimento com o qual podemos estudar dois fenômenos físicos distintos: dilatação térmica de corpos e reflexão em um espelho. Ele é apropriado para alunos do ensino médio e sua montagem é muito simples.

O experimento está esquematizado na figura 1, abaixo. Uma barra metálica oca, cuja expansão térmica desejamos estudar, é apoiada sobre dois suportes. Uma das extremidades da barra está fixa, enquanto a outra pode se expandir livremente e possui um pequeno espelho perpendicular, para onde é apontado um feixe de luz proveniente de um laser fixo que faz um certo ângulo com a normal do espelho. A barra é aquecida por velas e a expansão resultante disso faz com que o espelho se desloque para frente. Este deslocamento faz com que o feixe de luz refletido translade. Medindo então a distância, em um anteparo, entre o ponto onde incide o laser antes e depois da dilatação, podemos calcular o quanto a barra aumentou seu comprimento. Esse aumento é muito pequeno e não pode ser percebido a olho nu. Por isso usamos o anteparo de modo inclinado para fazer com que a distância que mediremos, mostrada na figura abaixo, seja maior e diminua nosso erro.

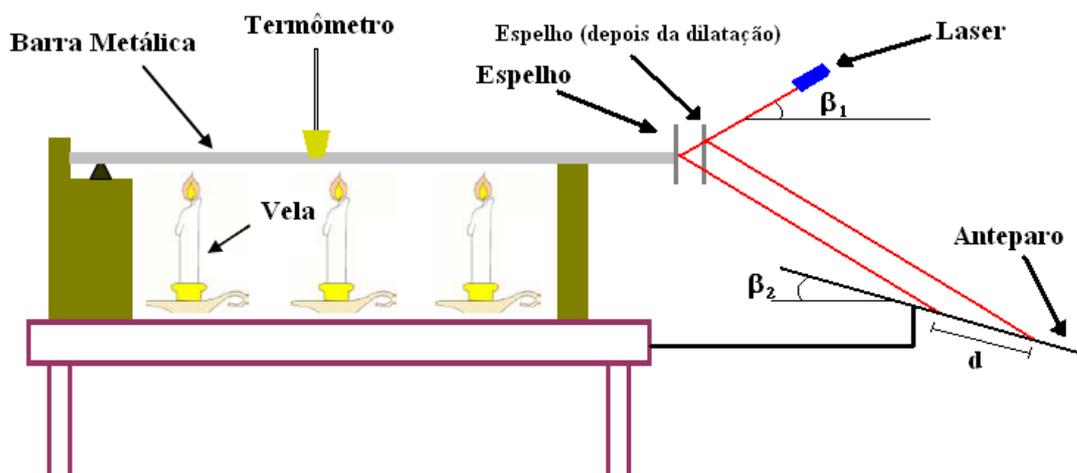


Figura 1: Esquema do experimento, visto de lado.

Assim, se conseguirmos medir a temperatura e o comprimento, inicial e final da barra, poderemos determinar qual é o coeficiente linear de dilatação do metal em questão. Para medirmos a temperatura, utilizaremos um termômetro colocado no interior da barra por meio de uma rolha.

Após descobrirmos esse coeficiente, verificaremos, junto aos alunos, se o valor encontrado está próximo do real.

### **Importância Didática**

Este experimento terá uma boa influência no aprendizado dos alunos do 2º grau, que poderão visualizar que um corpo realmente se dilata ao ser aquecido, não ficando apenas na teoria. Trabalharão também com o conceito de reflexão num espelho, que é aprendido separadamente das outras matérias de física.

Além disso, provavelmente os alunos ficarão maravilhados se conseguirem calcular o valor do coeficiente linear de dilatação, que é sempre dado nos exercícios que fazem. Descobrirão que eles também podem “fazer a física”.

### **Originalidade**

Um experimento, parecido, de dilatação já é conhecido, mas utiliza uma maneira diferente de se calcular a expansão da barra metálica. O método de se utilizar um espelho na ponta da barra é original, e faz com que conceitos de ótica sejam também trabalhados.

### **Lista de materiais**

Utilizamos apenas materiais de fácil aquisição:

- Barra metálica oca de aproximadamente 1m (pode ser de alumínio, por exemplo);
- Suportes (para a barra, para o laser e para o anteparo);
- Velas;
- Rolha;
- Termômetro;
- Espelho;
- Laser;
- Anteparo (de cartolina, por exemplo);
- Régua.

### **Referências:**

Experimentos parecidos podem ser encontrados nos sites:

- (1) <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/inic/luizfernando/monografiaLuizFernando.pdf>
- (2) <http://www.fisica.ucb.br/sites/000/74/00000008.pdf>

### **Observação**

Meu orientador, o Professor Marcos Cesar de Oliveira, concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários a menos de exceções indicadas abaixo.

Exceções: Não há.

Sigilo: NÃO SOLICITA.

## 2) Resultados Atingidos

Até o presente momento já realizamos a montagem de quase todo o experimento e algumas mudanças foram feitas em relação ao projeto inicial: Devido à maior disponibilidade e por conseguir medir temperaturas mais elevadas, decidimos trocar o termômetro por um termopar acoplado a um voltímetro. Porém, ainda precisamos empregar um voltímetro mais preciso, já que o que possuímos me pareceu um pouco ruim. A tabela da temperatura em função da voltagem mostrada no voltímetro para o meu termopar encontra-se em anexo.

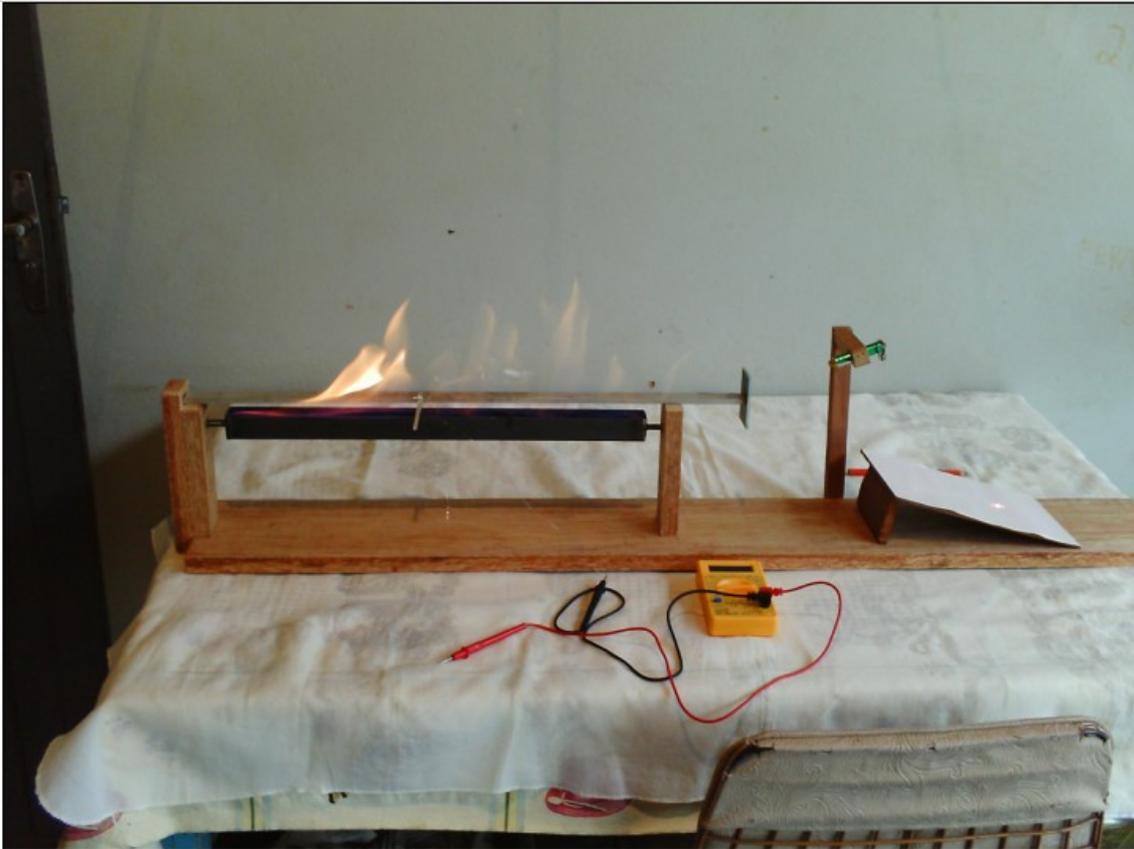
Aproveito para salientar uma outra mudança do experimento com relação ao projeto inicial: ao invés de usar velas para aquecer a barra, usei uma canaleta com álcool sob a mesma, que, quando acesa, aquece-a muito mais do que a vela e portanto causa maior dilatação.

Por fim, para concluir o experimento falta apenas fazer mais alguns testes. Em um que eu fiz, mesmo usando um multímetro um pouco ruim e uma maneira um pouco imprecisa para se calcular o ângulo de incidência do laser, cheguei a um coeficiente de dilatação linear médio (digo médio já que este coeficiente não é constante, mas varia conforme a temperatura) do alumínio muito próximo do real: cheguei a  $0,0000263/^{\circ}\text{C}$  e o valor real é de  $0,000024/^{\circ}\text{C}$  à temperatura ambiente aproximadamente.

## 3) Fotos da Experiência no estágio em que se encontra



**Foto 1:** Experimento montado e com o laser ligado. (A barra é de alumínio e no anteparo está colado um papel milimetrado).



**Foto 2:** Experimento em funcionamento (o ponto onde o feixe do laser incide no anteparo vai mudando de posição).

#### **4) Dificuldades Encontradas**

Durante a montagem do experimento, a principal dificuldade ocorreu quando eu estava usando um cano de cobre como barra para dilatar, porque, ao colocar fogo na canaleta, pelo anteparo via-se que o cobre estava se dilatando. Porém, algum tempo depois e antes que o fogo acabasse, parecia que a haste estava “encolhendo” e eu não sabia o porquê. Só depois de algum tempo percebi que por ser uma barra oca, ao ficar muito aquecida, ela começou a entortar, fazendo “barriga” para baixo e por isso o feixe de luz me “informava” que a barra estava diminuindo. Mas o problema foi resolvido quando depois comprei um barra maciça de alumínio.

#### **5) Pesquisa Realizada**

No Google, usei a seguinte palavra-chave: “experimento” de dilatação da barra de alumínio. Assim encontrei experimentos que se assemelham ao que eu e meu orientador criamos. Duas referências são importantes de se citar:

- Monografia de Luiz Fernando de Souza: Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento – Nos introduz a teoria sobre a dilatação térmica e nos mostra um experimento que prevê apenas mostrar que a dilatação realmente ocorre. Site: <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/inic/luizfernando/monografiaLuizFernando.pdf>

- Laboratório de Física Térmica: Coeficiente de dilatação linear, Universidade Católica de Brasília – Mostra um experimento que prevê o cálculo do coeficiente de dilatação linear de uma haste metálica, porém usa uma montagem diferente da expressa aqui. Site: <http://www.fisica.ucb.br/sites/000/74/00000008.pdf>

## 6) O Experimento

### 6.1) Descrição

Este experimento prevê demonstrar a existência de dilatação térmica e medir o coeficiente de dilatação linear médio de algum material (usaremos o alumínio). Para isso, utilizaremos uma montagem como as fotos 1 e 2, onde uma barra metálica é aquecida fazendo com que um espelho na extremidade da mesma, se desloque para frente. Através da variação da posição onde a luz do laser incide no anteparo, poderemos medir quanto a barra dilatou e então, sabendo o quanto sua temperatura aumentou, através do termopar, poderemos calcular o coeficiente de dilatação linear médio da haste.

Para uma descrição mais detalhada, ver o item “descrição” do projeto, na primeira página.

### 6.2) Procedimento e Teoria

Inicialmente, meçamos o comprimento inicial  $L_0$  da barra.

Depois devemos medir a distância  $d$  no anteparo relativa a distância entre onde o feixe de luz do laser incide antes e depois da expansão da haste. Sabendo essa distância, poderemos determinar quanto a barra dilatou ( $\Delta L$ ) pela seguinte fórmula:

$$\Delta L = d/2 * (\cos \beta - \text{sen } \beta) / (\text{tg } \alpha) \quad (1)$$

onde  $\beta$  é o ângulo de inclinação do anteparo (em amarelo na figura abaixo) e  $\alpha$  é o ângulo de inclinação do laser (em azul na figura abaixo) com relação à reta paralela a normal ao espelho.

Feito isso, devemos verificar quantos milivolts o multímetro está indicando e, usando a tabela em anexo, determinaremos qual a diferença entre a temperatura inicial e final da barra,  $\Delta T$ . A tabela nos dará esse valor diretamente.

Agora, com todos esses dados em mãos, e sabendo que da teoria de dilatação linear  $\Delta L = L_0 \cdot c \cdot \Delta T$ , onde  $c$  é o coeficiente de dilatação linear, podemos determinar o valor médio de  $c$  por  $c = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$ .

#### **Demonstração de (1):**

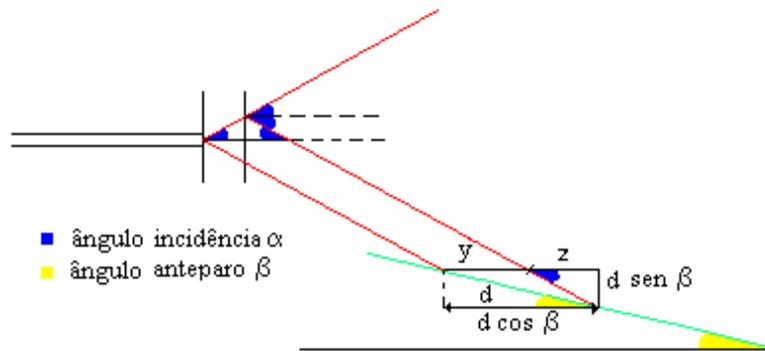
Analisando a figura abaixo, podemos mostrar que todos os ângulos em azul são iguais por serem correspondentes ou alternos internos uns aos outros.

Temos também que

$$\text{tg } \alpha = (d \text{ sen } \beta) / z \Rightarrow z = (d \cdot \text{sen } \beta) / (\text{tg } \alpha)$$

Além disso,

$$y = d \cos \beta - z \Rightarrow y = d * (\cos \beta - \text{sen } \beta) / (\text{tg } \alpha)$$



**Figura 2:** Figura para demonstração

Observando o triângulo formado pela normal do espelho e pelos raios de luz antes e depois da dilatação, vemos que é isósceles e tem o “espelho depois da dilatação” coincidindo com a altura. Num triângulo isósceles a altura divide a base em duas partes iguais. A base deste triângulo tem medida igual a  $y$  e portanto  $\Delta L = y/2$  o que nos remete a fórmula expressa anteriormente.

Mais teoria sobre dilatação linear encontra-se em anexo, nas referências citadas.

## 7) Declaração do orientador e sua opinião

Meu orientador, o Professor Marcos Cesar de Oliveira, concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

*“O relatório do aluno demonstra de forma clara seu adiantamento na realização da montagem experimental proposta. O experimento está pronto e faltam agora apenas alguns ajustes e calibrações de tal forma que a demonstração para os alunos transcorra bem. Os problemas encontrados pelo aluno, na aquisição do termômetro foram contornados muito bem com a utilização de um termopar acoplado a um voltímetro. Além disso foi interessante a observação da deformação do tubo oco e sua substituição por uma barra sólida. A meu ver o relatório e o experimento está muito bom, restando agora a exploração dos conceitos que podem ser transmitidos aos alunos na demonstração.”*

## 8) Horário para Apresentação

Eu escolho apresentar meu trabalho no dia 11 de novembro, das 16 às 18h.