

UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DILATAÇÃO TÉRMICA DE LÍQUIDOS NO ENSINO MÉDIO

Marta Maximo Pereira^a [martamaximo@yahoo.com]

Vitorvani Soares^b [vsoares@if.ufjf.br]

^aInstituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Colégio de Aplicação (UFRJ)

^bInstituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O fenômeno da dilatação térmica de líquidos é frequentemente tratado nas escolas de Ensino Médio partindo-se de uma formulação matemática pronta, que é utilizada pelo aluno na resolução de diversos problemas. Contudo, verifica-se que tais questões muitas vezes parecem verificar mais o poder de memorização e a habilidade de cálculo dos estudantes do que seu conhecimento sobre o fenômeno físico ali envolvido. De acordo com os PCN+, “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”. A partir dessa perspectiva, o presente trabalho pretende promover a compreensão da dilatação térmica de líquidos de modo mais amplo, através da realização de um experimento simples em sala de aula. A experiência proposta tem por objetivo determinar o modelo matemático que descreve a dilatação térmica de líquidos. Para isso, foi desenvolvido e testado em sala de aula um método de análise de dados que permite ao aluno verificar como a dilatação varia com a temperatura e com a quantidade de líquido inicialmente utilizado. Um resultado interessante foi observado quando a experiência foi realizada com um amplo espectro de variações de temperatura, demonstrando que a linearidade expressa pela relação matemática que descreve a dilatação térmica é apenas uma primeira aproximação, sendo necessárias contribuições de ordens superiores para uma descrição mais completa do fenômeno. E esse fato, característico do método investigativo das ciências em geral, não é mencionado na maioria dos livros didáticos de Física do Ensino Médio.

Palavras-chave: dilatação, líquido, temperatura, experiência, modelo matemático, Ensino Médio

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Observa-se experimentalmente que as dimensões de um corpo variam com o aumento ou a diminuição de sua temperatura. Já no século XVII, esse fenômeno era estudado por inúmeros cientistas, que buscavam sua compreensão através de experiências e da elaboração de modelos matemáticos que refletissem os resultados obtidos.

Contudo, ao longo dos anos, o ensino de Física tem se restringido meramente à aplicação de fórmulas para a resolução de problemas numéricos, desvinculando-se completamente do caráter experimental desta ciência. Conforme já atestado por Rupolo (2003, org) [1]:

O ensino de Física atualmente praticado é marcado, principalmente, pelo uso de definições. Essas definições são isoladas do contexto da

sua produção e do contexto da teoria que as propõe. São apresentadas como se tivessem implícitas, por si só, alguma forma de conhecimento. Isso impede que os alunos construam relações significativas que envolvam os conceitos apresentados. Desta forma, o mundo cotidiano continua sendo separado do mundo da ciência e da tecnologia.

Uma aprendizagem realmente significativa deve basear-se na compreensão de fenômenos físicos simples do dia-a-dia e deve estimular nos alunos o raciocínio, a curiosidade e a criatividade. E a realização de experimentos em sala de aula para o estudo de Física Térmica [1] tem se mostrado uma proposta interessante neste sentido.

Seguindo esta perspectiva, o presente trabalho, desenvolvido em minha monografia de final de curso [2], propõe uma metodologia que permite compreender o fenômeno da dilatação de líquidos através da realização de um experimento relativamente simples que: (i) revele que o volume ocupado por um líquido depende de sua temperatura e (ii) possibilite determinar, a partir da análise dos dados obtidos, o modelo matemático que descreve tal fenômeno. Resultados em geral não mencionados nos tradicionais livros didáticos de Física são evidenciados no estudo deste fenômeno a partir dessa abordagem.

2. JUSTIFICATIVA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) [3] apontam que o aluno deve aprender fundamentalmente através do desenvolvimento de habilidades e competências, por meio das quais ele será capaz de compreender e interferir na realidade que o cerca. Segundo este documento,

o aumento dos saberes que permitem compreender o mundo favorece o desenvolvimento da curiosidade intelectual, estimula o senso crítico e permite compreender o real, mediante a aquisição da autonomia na capacidade de discernir. Evidencia-se, nesse ponto, uma importante atribuição do ensino de Física no Ensino Médio: estimular a criatividade e a curiosidade dos educandos sobre os fenômenos da natureza.

Os PCNEM propõem também a organização do currículo escolar não mais em disciplinas estanques, como historicamente era feito, mas sim em áreas do conhecimento (Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias). Um primeiro desafio, então, para o ensino da Física é a maior integração com a Química, a Biologia e a Matemática, que constituem também a área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, e uma comunicação mais forte com as outras duas áreas do conhecimento, para que, deste modo, a interdisciplinaridade e a contextualização das descobertas científicas e dos fenômenos físicos contribuam para uma aprendizagem verdadeiramente significativa e integrada.

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ / Ensino Médio) [4], “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”.

A partir das recomendações expressas acima, este trabalho pretende propor uma abordagem para o ensino da dilatação de líquidos que valorize a experimentação e o

estímulo à criatividade e ao raciocínio dos alunos. Além disso, em sua aplicação, esse método demonstrou que a interdisciplinaridade Física / Matemática pode ser mais do que mera utilização de fórmulas, contribuindo para uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

3. EXPERIMENTO PROPOSTO

3.1. Objetivo

A experiência realizada tem por objetivo observar o que acontece com um líquido quando aquecido e encontrar a relação matemática que descreve o fenômeno da dilatação térmica a partir do experimento.

3.2. Material utilizado

- Béqueres de 2 L e 3 L;
- Dois vidros de perfume vazios de 120 e 240 mL aproximadamente;
- Uma seringa de injeção de 3 mL sem o êmbulo;
- Tampa com pequeno orifício;
- Água;
- Água mineral;
- Aquecedor do tipo “mergulhão”;
- Termômetro digital tipo *266C Clamp Meter*.

3.3. Descrição da experiência

Encheu-se com água mineral um vidro de perfume vazio (cuja dilatação própria será desprezível em relação ao líquido), interligando-o verticalmente a um tubo mais fino (no caso, uma seringa de injeção). Esse conjunto foi colocado dentro de um béquer de 3 L com água comum, de modo que ficasse, em grande parte, submerso. Ao elevar-se a temperatura da água do béquer com o auxílio de um aquecedor do tipo “mergulhão”, ela se dilata nos dois recipientes, mas um pequeno acréscimo no seu volume elevará sensivelmente a altura do líquido na seringa do frasco de vidro. Foram medidos a temperatura inicial T_0 , o volume inicial V_0 , as variações de volume ΔV e a temperaturas T ao longo do aquecimento. Um desenho esquemático e uma foto do experimento utilizado podem ser vistos nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

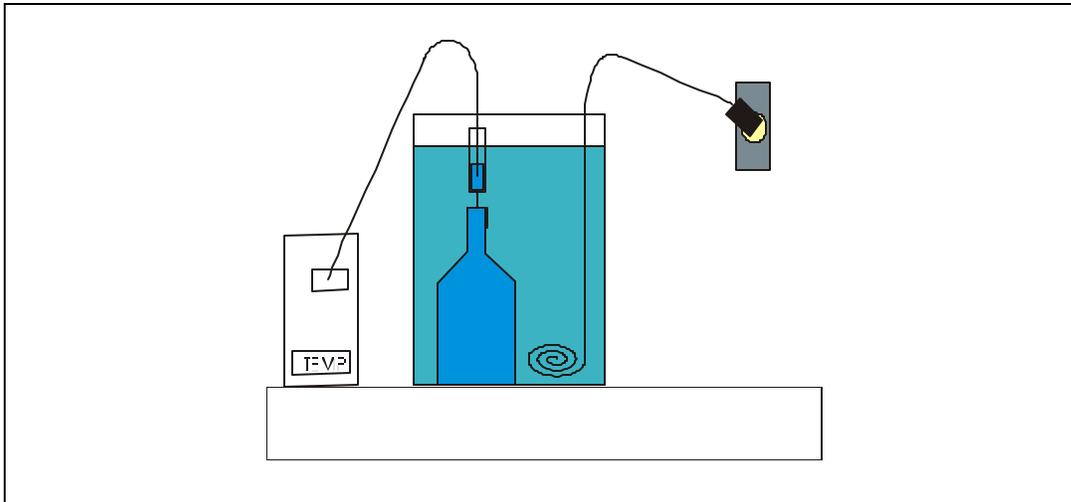


Figura 1. Desenho esquemático do experimento

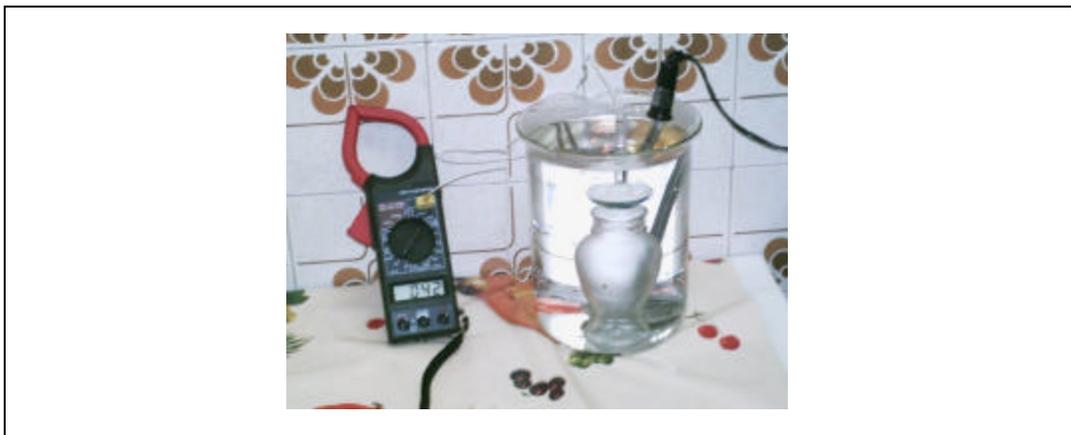


Figura 2. Foto do aparato experimental empregado no trabalho.

3.4. Análise dos dados obtidos

Com as medidas da temperatura inicial T_0 do líquido e de suas temperaturas finais T correspondentes às variações de volume ΔV verificadas na escala graduada da seringa, calcula-se a variação de temperatura ΔT . A partir dessas informações, foram construídos dois gráficos (um para cada valor medido de volume inicial V_0) com as variações de volume ΔV em função das variações de temperatura ΔT .

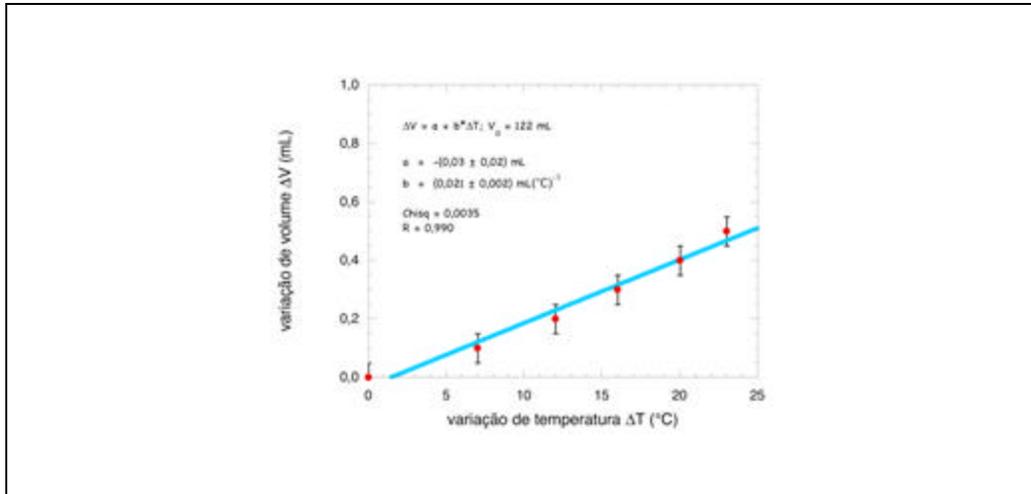


Figura 3. Variação de volume ΔV em função da variação de temperatura ΔT para $V_0 = 122$ mL.

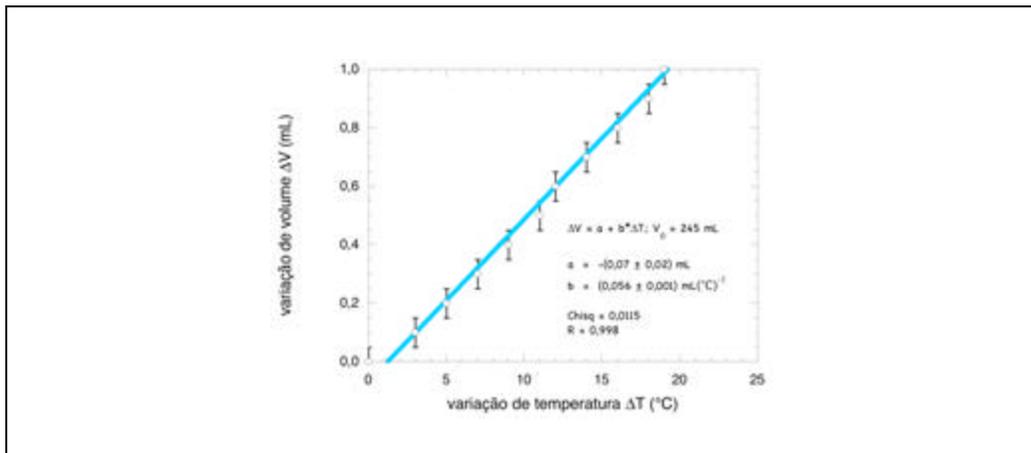


Figura 4. Variação de volume ΔV em função da variação de temperatura ΔT para $V_0 = 245$ mL.

A incerteza na variação de temperatura ΔT foi de 1°C . A incerteza na medida da variação de volume ΔV foi de $0,05$ mL. Considerando que as variações de volume ΔV foram medidas com intervalos de $0,1$ mL e que as variações de temperatura ΔT aparecem, em média, em intervalos de 3°C , têm-se as seguintes incertezas relativas:

$$\frac{d\Delta V}{\Delta V} = \frac{0,05}{0,1} = 0,5 \quad (1)$$

$$\frac{d\Delta T}{\Delta T} = \frac{1}{3} \approx 0,3 \quad (2)$$

Assim, desprezou-se a incerteza no eixo horizontal, associada à ΔT .

Observa-se, então, que, dentro da incerteza associada às medidas realizadas, a variação de volume cresce linearmente com a variação de temperatura. Construindo as duas retas no mesmo sistema de eixos, obtemos o gráfico abaixo.

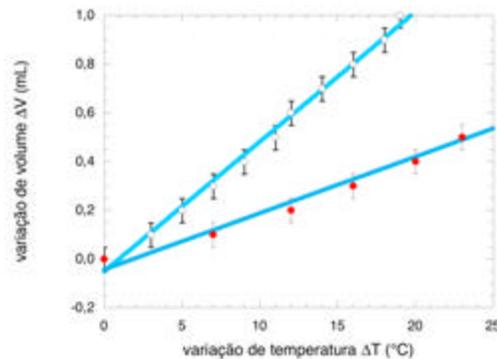


Figura 5. Comparação das retas obtidas para $V_0 = 122$ mL e $V_0 = 245$ mL

Comparando as duas retas, nota-se que a inclinação delas é diferente. Como a reta mais inclinada (pontos brancos no gráfico) corresponde ao volume inicial de 245 mL e a menos inclinada (pontos vermelhos no gráfico), ao volume inicial de 122 mL, conclui-se que o coeficiente angular delas depende do volume inicial utilizado: quanto maior o volume inicial, maior coeficiente angular; quanto menor o volume inicial, menor coeficiente angular. Como se quer estudar o fenômeno de uma maneira global, ele não deve depender do volume inicial utilizado. Assim, as variações de volume consideradas não devem ser absolutas, mas sim relativas ao volume inicial de cada um dos experimentos. E isso pode ser conseguido através da razão entre a variação de volume e o volume inicial.

Constrói-se, então, um novo gráfico, agora expressando $\Delta V/V_0$ em função de ΔT .

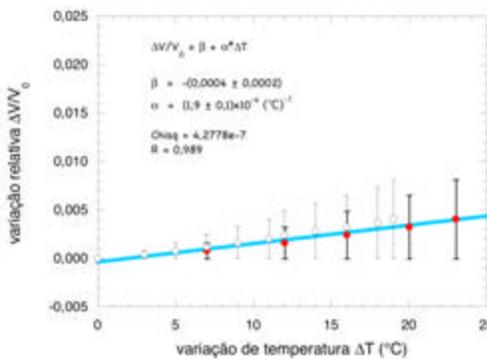


Figura 6. Razão entre variação de volume ΔV e volume inicial V_0 em função da variação de temperatura ΔT para os dois valores de V_0

Construindo os dois gráficos de $\Delta V/V_0$ em função de ΔT no mesmo sistema de eixos coordenados, percebe-se que as duas retas se transformam, dentro da incerteza propagada para os valores do gráfico, em uma única reta. Esse fato parece indicar que existe alguma semelhança entre os dois experimentos realizados, refletida no coeficiente angular α da reta obtida. Refletindo um pouco, pode-se concluir que a característica

comum aos dois experimentos é o fato de que foram feitos com água mineral. Logo, o coeficiente angular a da reta deve estar relacionado a alguma propriedade da água, no caso, a seu coeficiente de dilatação.

Pela equação da reta ($y = ax + b$), identifica-se que:

$$y = \Delta V / V_0 \quad (3)$$

$$x = \Delta T \quad (4)$$

e

$$b \approx 0. \quad (5)$$

Logo, o coeficiente de dilatação a é dado por:

$$a = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (6)$$

e o modelo matemático que descreve o fenômeno da dilatação térmica pode ser facilmente obtido:

$$\Delta V = V_0 a \Delta T \quad (7)$$

O coeficiente de dilatação térmica obtido pelo experimento foi $a = (1,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, que é bem próximo do valor padrão aceito [5] ($a = 2,06 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) para temperaturas próximas a 20°C .

Assim, as conclusões obtidas a partir dos gráficos anteriores revelam que um comportamento linear para a dilatação mostrou-se eficiente dentro dos intervalos de medidas usados nas duas experiências. Contudo, observando os dados experimentais conseguidos num intervalo maior de variação de temperatura e volume, conforme o gráfico abaixo, nota-se que eles não apresentam um comportamento linear.

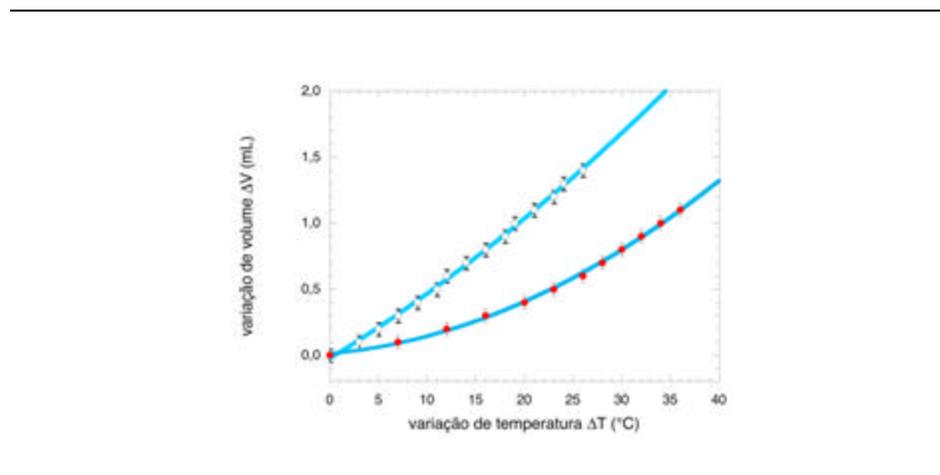


Figura 7. Comportamento geral da dilatação térmica com um polinômio de 2ª ordem ajustado aos pontos

O ajuste dos pontos obtidos foi feito com um polinômio de 2ª ordem, o que evidencia que, em primeira aproximação, qualquer fenômeno possui um comportamento linear, mas, quando estudamos o comportamento geral, afastando-nos das vizinhanças de um determinado ponto, contribuições de ordens superiores devem ser consideradas para uma descrição mais precisa do fenômeno como um todo.

Essa discussão, de extrema importância para o método investigativo das ciências em geral, muitas vezes é omitida do Ensino Médio, pois os próprios livros didáticos de Física não abordam essa questão. E isso pode levar nossos estudantes a pensar que a dilatação térmica sempre terá um comportamento linear com a variação de temperatura, o que não é verdade.

4. APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

A metodologia proposta no presente trabalho para o ensino da dilatação térmica foi aplicada numa turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular da zona oeste do Rio de Janeiro. Havia em sala de aula em torno de 35 alunos, com idade entre 14 e 16 anos. A aula aconteceu em dois tempos seguidos de 50 minutos cada. Os alunos ainda não haviam aprendido formalmente, na aula de Física, os conteúdos relativos à dilatação, que só seriam estudados por eles no 2º ano.

A realização do experimento e sua análise ocorreram durante a aula de Matemática, conforme solicitado pela professora da disciplina. Isso aconteceu porque foi uma maneira encontrada por ela de associar os conhecimentos que os alunos acabavam de construir sobre função do 1º grau a algo concreto e útil para a compreensão de outros conteúdos. Até então, os alunos pensavam que a Matemática era por demais abstrata, pois ainda não a tinham associado à possibilidade de explicar fenômenos da natureza, ainda que esse seja um princípio norteador de toda a Física.

5. CONCLUSÕES

O método desenvolvido para o estudo da dilatação térmica foi aplicado com bastante sucesso em sala de aula. A realização do experimento chamou a atenção dos estudantes e a utilização de seus conhecimentos prévios para a matematização do fenômeno contribuiu para elevar sua auto-estima e os fez ver que podem ser sujeitos de sua própria aprendizagem.

A interdisciplinaridade não era o foco central do trabalho, mas permeou toda a aula ministrada de modo natural, como uma consequência do método desenvolvido, que congrega os conhecimentos necessários ao estudo do fenômeno da dilatação térmica sem se preocupar com as delimitações impostas pelas disciplinas formais da escola.

O valor obtido no experimento para o coeficiente de dilatação da água no intervalo de temperatura considerado apresentou bastante concordância com o valor encontrado na literatura, ainda que o objetivo central da experiência não fosse a determinação experimental dessa grandeza.

Propõe-se, também, que a questão dos métodos aproximativos para a descrição dos fenômenos seja abordada mais frequentemente nas aulas de Física do Ensino Médio, a fim de que nossos alunos desenvolvam um pensamento crítico sobre o desenvolvimento da ciência e suas técnicas de investigação.

Os bons resultados que parecem ter sido obtidos evidenciam que trabalhos baseados nas orientações dos documentos oficiais sobre educação de nosso país podem e devem estar mais presentes nas aulas de Física das escolas brasileiras.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Colégio Belisário dos Santos, localizado no bairro de Campo Grande, na cidade do Rio de Janeiro, onde a proposta deste trabalho foi aplicada em sala de aula, e à professora de Matemática Vilza Moura, pelo apoio e tempo disponibilizado para a aula.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RUPOLO, N. S. *Atividades experimentais em termologia para serem realizadas em sala de aula*. Chapecó, ed. Argos, 2003.
- [2] MAXIMO PEREIRA, M. *Uma abordagem alternativa para o ensino da dilatação térmica de líquidos no Ensino Médio*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, 2006. (Monografia de licenciatura em Física)
- [3] BRASIL. Ministério da educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais – Ensino Médio. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.
- [4] BRASIL. 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.
- [5] CRC Handbook of Chemistry and Physics. 81 ed. Washington DC. 2000-2001.