

RELATÓRIO: ESTUDO TÉRMICO DE GASES E SÓLIDOS

Autor: Werikson Frederiko de Oliveira Alves - 96708

1. OBJETIVOS

O Objetivo foi estudar o comportamento de um gás e de metais submetidos à variação de temperatura e estudar a equação de estado de um gás ideal.

2. INTRODUÇÃO

Varias propriedades físicas da matéria variam com o aumento ou diminuição da temperatura T em que estão inseridos. Propriedades como a condutividade elétrica, volume, condutividade térmica, etc., são dependentes de T, e até a definição de qual fase se encontra o material em questão depende da temperatura do ambiente no qual este se encontra.

Neste relatório, foi estudado como os sólidos e gases comportam-se quando a temperatura varia. Nos sólidos, foi avaliado como eles se dilatam quando há uma variação de temperatura ΔT . Nos gases, foi aplicada a equação de gases ideais, levando em consideração se as condições de aplicabilidade de tal modelo simples são satisfeitas.

2.1. Expansão Térmica de Metais

De forma geral, a elevação da temperatura de um material qualquer corresponde ao aumento da energia de vibração de suas partículas. Como consequência disso, sob pressão constante, aumentam as distancias médias entre as partículas, vista macroscopicamente, como um aumento no volume ocupado.

Define-se coeficiente de dilatação volumétrico médio ($\bar{\beta}$) como a razão entre a variação relativa de volume ($\Delta V/V$) sofrida por um material e a variação de temperatura (ΔT) a que foi submetido, ou seja,

$$\bar{\beta} = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta T} . \quad (1)$$

Para um Material isotrópico, a variação relativa no volume é o triplo da variação relativa de uma dimensão linear (L). Define-se assim, um coeficiente linear médio ($\bar{\alpha}$) dado por:

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta L}{L \cdot \Delta T} \quad (2)$$

Onde $\bar{\beta} = 3\bar{\alpha}$. Corpos sólidos na forma de fio ou barra apresentam variação absoluta, no comprimento maior que nas demais dimensões.

Nesta primeira parte da pratica, será estudado como ocorre essa variação isotrópica da variação média entre as partículas de sólidos através da dilatação térmica de diferentes metais. Antes disso, porém, foi mostrado como a variação de temperatura altera as propriedades de um gás, e em quais condições este pode ser considerado ideal.

2.2. Gases Ideais

Um gás é considerado ideal quando suas partículas não possuem interação entre si. Estritamente falando, não há na natureza nenhum tipo de gás com este comportamento.

Três variáveis são usadas para descrever o comportamento dos gases: *pressão* (P), *temperatura* (T) e *volume* (V). A lei dos gases ideais pode ser relacionada a uma equação que descreve o comportamento de um gás em relação a essas três variáveis de estado e também em relação ao número de moles de um gás, essa é chamada equação de Clapeyron:

$$PV = nRT \quad (3)$$

Para o estudo do comportamento de um gás, foram obtidas relações entre suas variáveis de estado utilizando um aparato experimental (figura 1), com certa quantidade de gás confinada em um reservatório no qual é possível controlar e medir as variáveis.

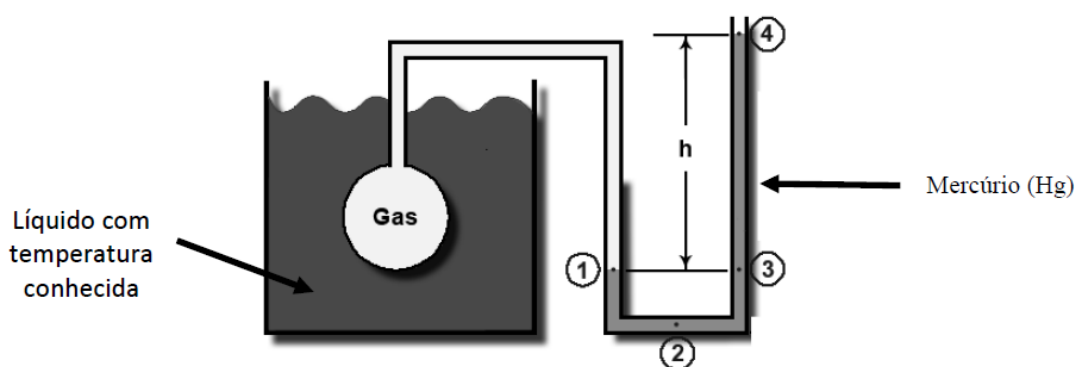


Figura 1 – Esquema de aparato experimental utilizado para estudar o comportamento de um gás em diferentes condições.

O reservatório de gás está conectado a um tubo em forma de 'U' com mercúrio em seu interior, chamado Manômetro de Mercúrio. A outra extremidade está aberta para a atmosfera. A temperatura do gás é controlada pela temperatura do líquido em que o reservatório está imerso.

A pressão do gás no reservatório pode ser determinada ou ajustada pela diferença de altura do nível da coluna de mercúrio, representada na figura por h .

De acordo com a hidrostática, a pressão nos pontos 1 e 3 do reservatório devem ser iguais, assim a pressão no ponto 1 é dada pela pressão do gás e a pressão no ponto 3 é dada pela soma da pressão atmosférica e da pressão da coluna de mercúrio acima dele. Assim:

$$P_{\text{gás}} = P_{\text{atm}} + \rho gh. \quad (4)$$

O volume foi medido em ml e o valor é determinado pela equação 5:

$$V = (0,1021) \cdot a + 1,01. \quad (5)$$

A pressão foi medida em kPa e o valor é determinado pela equação 6:

$$P_{gas} = 94,06 + 0,1333 h \quad (6)$$

A temperatura, medida em graus Celsius foi transformada em Kelvin seguindo a relação:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15. \quad (7)$$

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais Usados

Para a prática de expansão térmica de metais, foram usados os seguintes materiais: Tubos metálicos, um gerador de vapor, termômetro, suporte para medida de variação de tamanho dos tubos, micrometro e trena.

Para a prática de gases ideais, foram usados os seguintes materiais: Um reservatório de gás, um Manômetro de Mercúrio, régua, reservatório de água com termostato e circulador de água e termômetro.

3.2. Procedimentos

3.2.1. Expansão Térmica

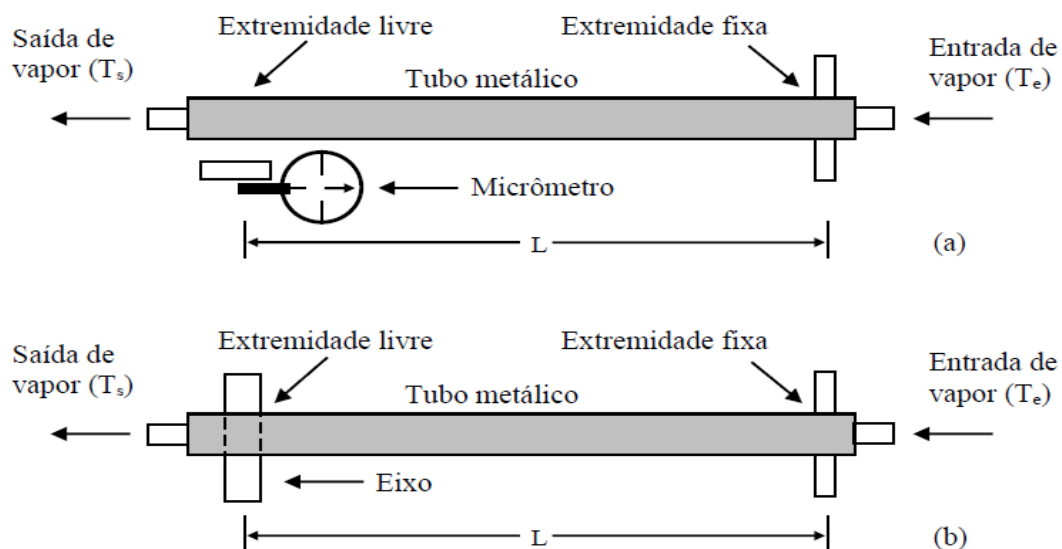


Figura 2: montagem do experimento (a) usando o micrômetro e (b) o deslocamento angular de um eixo.

Primeiramente foi medida a temperatura ambiente e depois foram colocados um dos tubos metálicos e o micrômetro no suporte, como mostra a Figura 2, e anotado o valor inicial obtido no micrômetro. Em seguida, foi medido o comprimento inicial dos tubos metálicos a serem utilizados, a partir da extremidade fixa ao suporte em contato com o micrometro. Após fixar a mangueira na extremidade fixa do tubo, o gerador de vapor foi ligado, e foi observada a variação do micrômetro. Depois da leitura do micrometro foi estabilizada, foi medida a temperatura T_s do vapor na saída do tubo e anotado o valor final do micrômetro. Este procedimento foi realizado 3 vezes, uma para cada tubo metálico. Com os dados obtidos, foi calculado o valor de $\bar{\alpha}$, através da equação (2), obtendo assim:

Material	Micrometro	ΔT (°C)	L_o (m)	α_{obs} ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
	ΔL (10^{-3}m)			
Cobre	$0,82 \cdot 10^{-3}$	58	0,75	17,08
Alumínio	$1,15 \cdot 10^{-3}$	65	0,75	23,5
Aço	$0,54 \cdot 10^{-3}$	61	0,75	11,8

Tabela 1 – Valores medidos referente à seção 3.2.1

3.2.2. Gases ideais

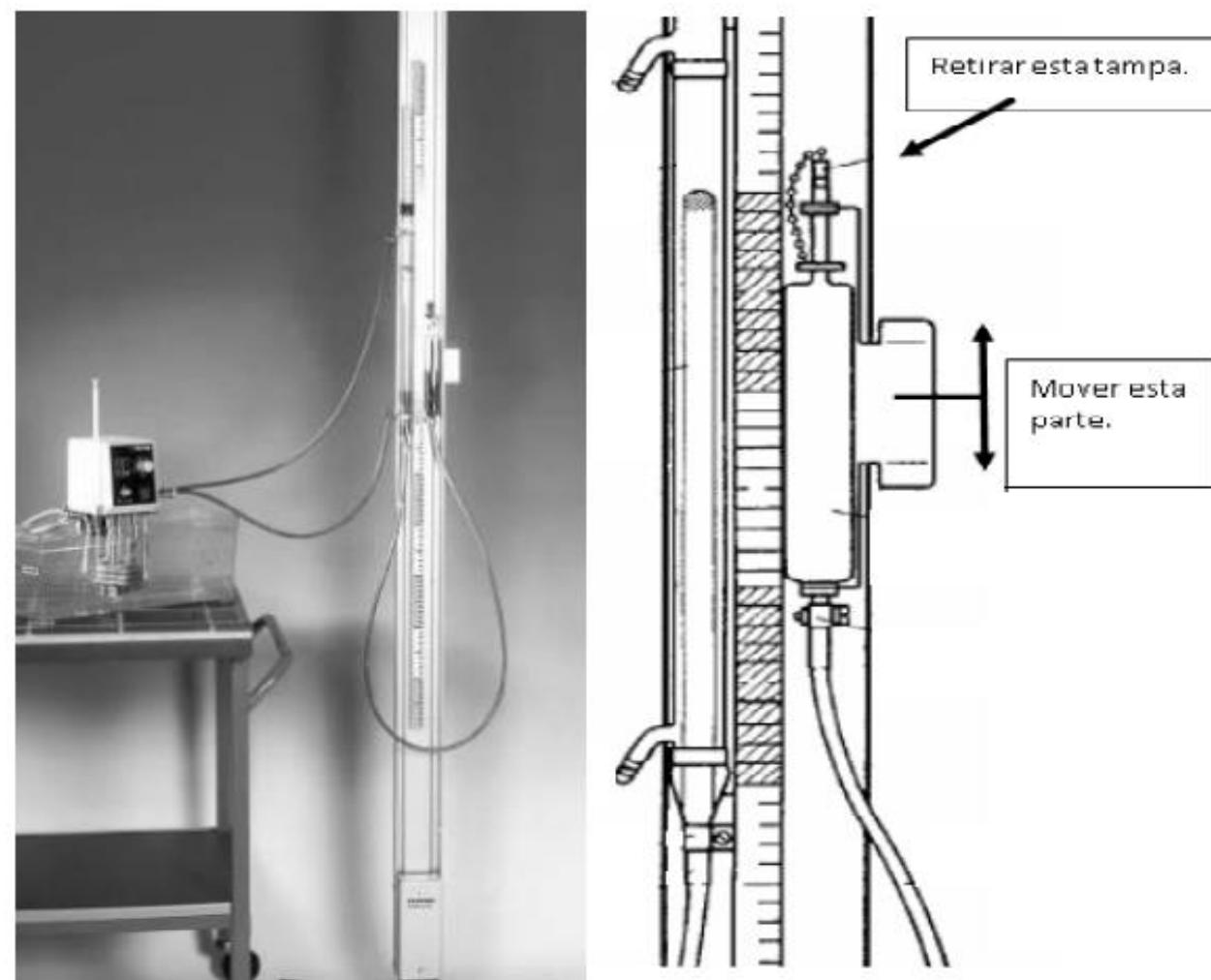


Figura 3 - Montagem Experimental.

3.2.2.1. Parte 1 - Verificando a Lei de Boyle-Mariotte.

$$PV = \text{constante}$$

Primeiramente, foi ajustada a temperatura do termostato para um valor pouco acima da temperatura ambiente (~ 30) e o termostato foi ligado, fazendo a água circular pelo sistema. Após o termostato indicar que a água alcançou a temperatura desejada, foi verificado se a temperatura tinha se estabilizado, através do termômetro presente no aparato. Após isso, foi retirada a tampa do lado direito do tubo, como mostrado na figura 3. A altura do manômetro foi variada, para que fossem obtidos os valores de

'h' e o corresponde para 'a'. Este procedimento foi realizado dez vezes ao todo, e foi calculado o P e o V através das equações 5 e 6. Os dados são mostrados na Tabela 2.

h (mm)	P (kPa)	a (mm)	V (ml)
277	130,9841	125	13,7725
247	126,9856	127	13,9767
230	124,7190	130	14,2830
200	120,7200	135	14,7935
175	117,3875	138	15,0998
153	114,4549	144	15,7124
130	111,3890	147	16,0187
110	108,7230	154	16,7334
085	105,3905	157	17,0397
061	102,1913	164	17,7544

Tabela 2 – Valores medidos referente à seção 3.2.2.1

3.2.2.2. Parte 2 - Verificando o comportamento de PV em relação à temperatura T

Inicialmente, foi ajustada a temperatura do termostato para um valor pouco acima da temperatura ambiente (~30) e o termostato foi ligado, fazendo a água circular pelo sistema, novamente. Após o termostato indicar que a água alcançou a temperatura desejada, foi verificado se a temperatura tinha se estabilizado, e coletados os valores de **T**, **h** e **a**. Depois de retirado a tampa do lado direito do tubo, a temperatura foi aumentada, após ela se estabilizar foram anotados novamente os valores **T**, **h** e **a**. Esse procedimento foi realizado dez vezes, obtendo a tabela 3.

T (K)	h (mm)	P (kPa)	a (mm)	V (ml)	PV
303,15	000	94,0600	180	19,3880	1823,6352
308,15	001	94,1933	182	19,5922	1845,4539
313,15	005	94,7265	184	19,7964	1875,2436
318,15	007	94,9931	185	19,8985	1890,2202
323,15	012	95,6596	188	20,2048	1932,7830
328,15	013	95,7929	190	20,4090	1955,0372
333,15	016	96,1928	192	20,6132	1982,8414
338,15	020	96,7260	194	20,8174	2013,5838
343,15	022	96,9926	196	21,0216	2038,9396
348,15	025	97,3925	198	21,2258	2067,2337

Tabela 3 - Valores medidos referente à seção 3.2.2.2

4. RESULTADOS

4.1. Expansão Térmica

Depois de calculado o valor de α_{obs} , para cada tubo metálico, através da equação 2, e anotado na tabela 1, α_{obs} foi comparado ao valor esperados de cada um, obtendo por fim o erro (%).

Material	$\alpha_{esp} (10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	Erro (%)
Cobre	17,25	0,98
Alumínio	23,1	1,73
Aço	11,97	1,42

Tabela 4 – Valores esperados referente à seção 3.2.1

A partir dos erros mostrados na tabela 4, foi concluído que o valor obtido se aproxima muito do valor esperado.

4.2. Gases ideais

4.2.1. Parte 1

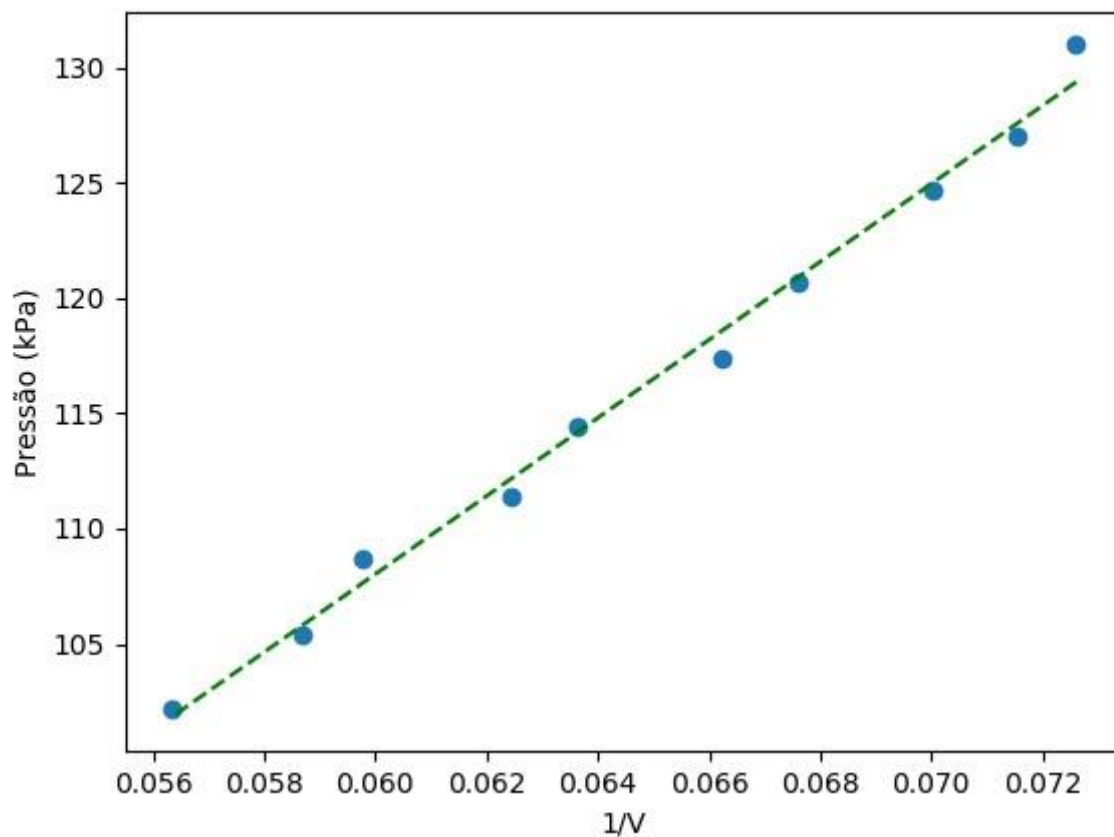


Gráfico 1 – Gráfico de (P x 1/V) em escala linear referente à seção 3.2.2.1

Através do Gráfico 1, pôde-se observar que as variáveis P e V, nessas condições, são inversamente proporcionais, ao modo que enquanto uma cresce a outra diminui.

$$a = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Sendo **a = 1693,9** e **b = 6,38**

4.2.2. Parte 2

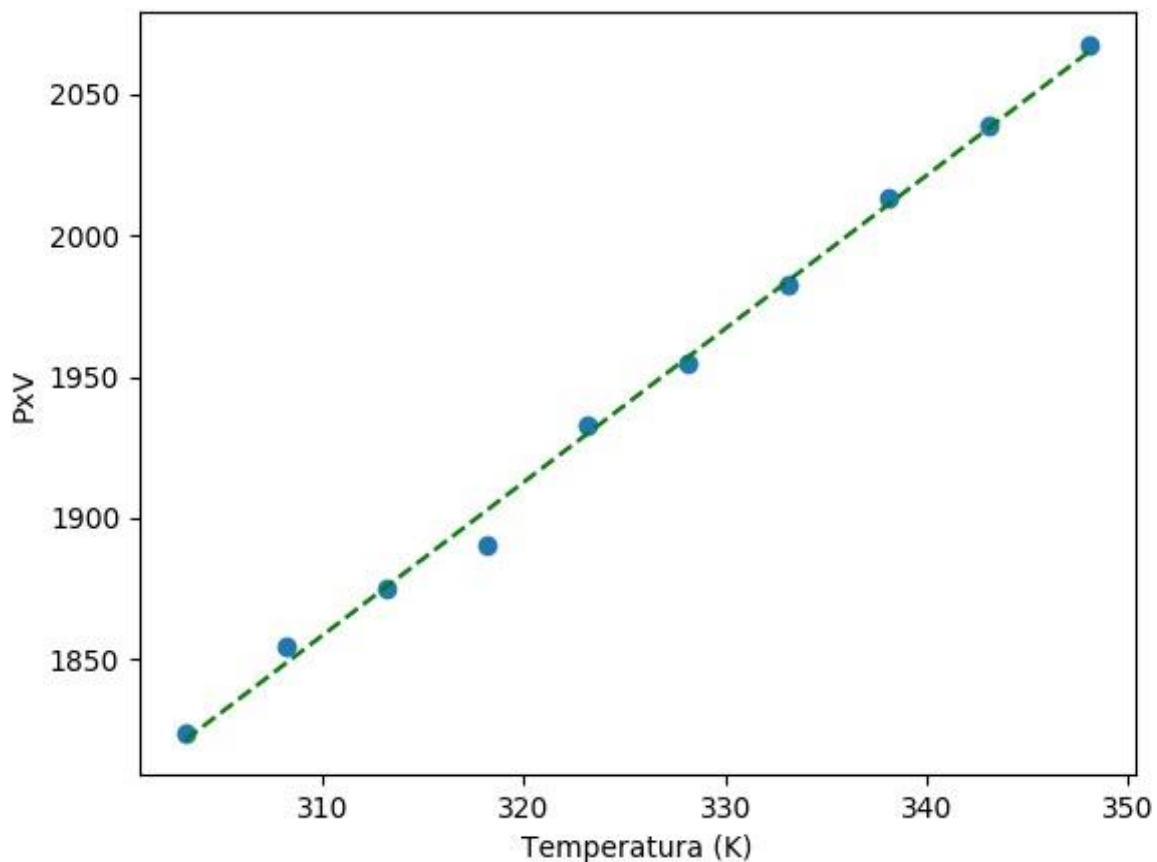


Gráfico 2 – Gráfico de (PV x T) referente à seção 3.2.2.2

Através do Gráfico 2, pôde-se verificar que os respectivos valores (PV e T) são diretamente proporcionais, de forma que enquanto um cresce o outro também cresce.

Com as informações obtidas, foi realizada uma regressão linear, no qual foi obtida, a comparação entre a equação teórica e a equação da reta:

$$a = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad b = \bar{y} - a\bar{x}$$

$$y = a.x + b \Rightarrow PV = a.T + b, \text{ então } a = 5,42 \frac{\text{Pa.L}}{\text{K}} \text{ e } b = 176,75,$$

Sendo a propagação do erro: $\Delta PV = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ Pa.L}$ através da derivada parcial.

Após isso, com a valor de 'a' foi estimado o valor de n, que corresponde ao numero de moles de gás contido no reservatório:

$$a = n.R \Rightarrow n = \frac{a}{R},$$

Sendo $R = 8314,51 \text{ L.Pa.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ uma constante,

Logo o valor estimado de n é:

$$n = \frac{5,42}{8314,51} \cong 6,52 \cdot 10^{-4} \text{ mols.}$$

5. CONCLUSÃO

Portanto, com esse experimento foi possível compreender o comportamento de u se comportam, alem de ter sido possível o estudo da equação de estado de um gás ideal, cumprindo os objetivos iniciais.

Com relação ao experimento de Expansão Térmica, os erros relativos obtido foram baixos, ou seja, os coeficientes encontrados foram próximos dos coeficientes esperados. Já em relação ao experimento dos Gases Ideais, em teoria o valor de 'b' deveria ser '0', contudo ao realizar a regressão linear foi encontrado um valor diferente de '0' para 'b', revelando a imprecisão das medidas durante o experimento.