

# Atividade experimental no ensino remoto, utilizando arduino para o ensino das transformações gasosas

Tiago Destéffani Admiral\*

## Resumo

Frente às diversas dificuldades encontradas para a realização das atividades de ensino remotas, devido à pandemia do novo Sars Covid-19, podemos destacar especialmente a realização de atividades experimentais em ciências. Este artigo descreve a construção e aplicação de dois protótipos experimentais, de baixo custo, baseados no micro controlador arduino, para realizar experimentos sobre transformações gasosas. Os protótipos utilizam a placa "arduino mini 3,3V" em conjunto com o sensor BMP280, e foram utilizados para realizar aquisição de valores de temperatura e pressão em tempo real. Foram obtidas experimentalmente as curvas das transformações isotérmicas e isométricas, de forma que os alunos puderam acompanhar em tempo real, por vídeo, a realização do experimento, bem como tiveram acesso à aquisição de dados, mostrados em tempo real. Os alunos puderam realizar o tratamento dos dados normalmente, mesmo num ambiente virtual. Os resultados experimentais possibilitaram ajustes extremamente precisos com excelentes valores de correlação de pearson ( $r^2 = 0,975$ ) para a curva isométrica e  $r^2 = 0,958$  para isotérmica). A análise do desempenho dos alunos, assim como suas impressões ao longo da atividade, demonstrou resultados de aprendizagem extremamente satisfatórios.

**Palavras-chave:** Arduino. Ensino de Ciências. Transformações gasosas.

---

\* Doutor em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, RJ, Brasil. E-mail: tdesteffani@gmail.com



## Introdução

O ensino de ciências pressupõe a mobilização de uma gama de conhecimentos de áreas correlacionadas e complementares, especialmente quando se adota uma postura investigativa (CARVALHO, 2004). Nesse sentido, tanto a dimensão fenomenológica como o desenvolvimento das habilidades práticas são muito beneficiadas pelas atividades experimentais em sala de aula.

Embora a contribuição da experimentação para o ensino de ciências esteja amplamente documentada na literatura (GIORDAN, 1999; GONÇALVES e MARQUES, 2006; KRASILCHIK, 2008; BASSOLI, 2014), vivemos em uma realidade na qual, com a suspensão de grande parte das atividades presenciais, as atividades experimentais precisam passar por uma reestruturação, para se adequarem aos moldes do ensino remoto (DA SILVA, et. al. 2021).

Esse artigo descreve uma experiência de ensino remoto, com utilização de arduino como recurso experimental, aplicada a uma turma de 12 alunos de licenciatura em física. A proposta teve como objetivo demonstrar experimentalmente a validade da equação de Clapeyron, que relaciona as variáveis de estado em transformações termodinâmicas (SEARS, et. al. 2009). Para tanto foram construídos dois protótipos, um para realizar uma transformação isométrica e outro para realizar uma transformação isotérmica.

Atividades experimentais sobre esse tema são encontradas na literatura (BRUNETTO, OLIVEIRA e JÚNIOR, 2005; MARQUES, 2012) com a utilização de materiais laboratoriais específicos, e que nem sempre estão à disposição do professor. Também encontramos na literatura um trabalho (CARDOSO e ZANNIN, 2019) utilizando o arduino para medir as variáveis de estado. Entretanto a construção do equipamento concebido pelos autores demanda ferramentas específicas, como torno mecânico, por exemplo. Além de uma estrutura complexa que envolve materiais não tão acessíveis, o que pode dificultar, ou até inviabilizar, a reprodução do experimento em alguns casos.

Os protótipos apresentados em nosso trabalho, por outro lado, além de apresentarem baixo custo e fácil manipulação, foram capazes de mostrar os resultados das medidas das variáveis de estado, em tempo real, durante os processos, com precisão adequada para modelagem e propósitos didáticos. O que é interessante, uma vez que na literatura encontramos relatos de que a atividade de modelagem



matemática apresenta enormes benefícios na aprendizagem, tanto de ciências quanto de matemática em si (HONORATO e FIORENTINI, 2021; MALHEIROS, SOUZA e FORNER, 2021).

A escolha da utilização da plataforma arduino se deu pela sua praticidade em relação à aquisição de sensores, programação, custo e apresentação dos dados, bem como o fato de existirem vários trabalhos com bons resultados experimentais utilizando esse recurso (ADMIRAL, 2020; ALMEIDA, 2021). A plataforma arduino apresenta *hardware* e *software* livres, dessa forma o acesso às informações sobre a programação desse controlador são encontradas com facilidade na internet.

## As transformações gasosas

A equação dos gases ideais de Clapeyron (equação 1) é uma relação matemática empírica, que se destina a relacionar as variáveis de estado de um gás ideal, confinado em um recipiente.

$$pV = nRT \quad (1)$$

Em que  $p$  é a pressão absoluta exercida pelo gás em  $Pa$ ,  $V$  corresponde ao volume ocupado pelo gás em  $m^3$ ,  $n$  é o número de mols do gás contidos no recipiente,  $R$  é a constante dos gases ideais ( $8,31 \text{ J/mol.K}$ ) e  $T$  é o valor da temperatura em Kelvin (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2016).

A equação de Clapeyron, por vezes chamada de “equação dos gases ideais”, recebeu esse nome em homenagem a Benoit Paul Émile Clapeyron (1799-1864). Ele investigou qual seria a relação entre as variáveis ( $p$ ,  $V$  e  $T$ ) ao confinar certa quantidade de gás em um recipiente, mantendo algumas variáveis fixas e modificando outras. Com relação à característica de “gás ideal”, percebeu-se que quanto menor o valor de  $n$ , melhor a equação 1 descrevia o comportamento do gás. Portanto a equação, embora modelada para gases ideais que são inexistentes na natureza, também explica satisfatoriamente o comportamento de qualquer gás desde que  $n$  seja suficientemente pequeno (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2016).

O assunto “transformações gasosas”, abordado tanto no ensino médio quanto superior, tanto na física quanto na química, nada mais é do que o estudo de casos particulares da equação 1, e para cada caso uma das variáveis de estado é mantida constante. A nomenclatura utilizada para descrever cada transformação faz



referência à variável mantida constante, sendo elas: isotérmica (temperatura constante); isométrica (volume constante) e isobárica (pressão constante). Além dessas transformações existe também o caso mais geral no qual nenhuma das variáveis é mantida constante, chamada de adiabática.

### Transformação isotérmica

Na transformação isotérmica as variáveis de pressão e volume são alteradas, ao passo que a temperatura permanece constante. Assumindo essa situação, o valor de  $T$  na equação 1 deixaria de ser uma variável, assumindo um valor constante, logo teremos uma situação na qual:

$$pV = \text{constante} \quad (2)$$

A equação 2 nos mostra que o produto ( $pV$ ) se torna o mesmo para qualquer momento ao longo da transformação isotérmica, assim sendo podemos assumir que, para dois estados diferentes (1 e 2), de pressão e volume, teremos:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (3)$$

A equação 3 é muito utilizada para determinação de variáveis em estados diferentes, ao longo de uma mesma transformação. Se manipularmos a equação 2 para obtermos qual é a dependência matemática da pressão em relação ao volume, teremos a seguinte relação:

$$p(V) = \frac{C_1}{V} \quad (4)$$

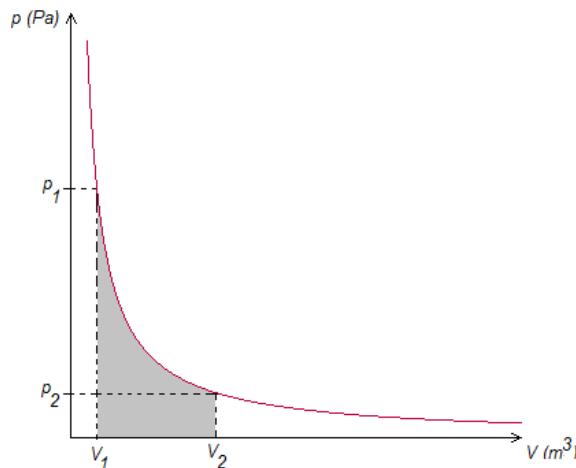
Em que  $C_1$  é uma constante, obtida pelo produto  $nRT$ . A equação 4 prevê que se traçarmos o gráfico pressão *versus* volume, para a transformação isotérmica, devemos observar uma curva do tipo hipérbole. Esse diagrama ( $p \times V$ ) é muito utilizado para ilustrar graficamente processos que envolvem sucessivas transformações, em especial situações que envolvem um sistema voltando recorrentemente ao mesmo estado após algumas transformações, o que chamamos de ciclo termodinâmico.

Esse diagrama é importante, em especial para a física, pois nos permite determinar o trabalho realizado por um gás durante uma transformação, o que pode ser calculado determinando a área sob o gráfico, delimitado por dois volumes, inicial e



final. A Figura 1 ilustra uma situação na qual um gás realiza uma expansão isotérmica, e a área destacada sob a curva isoterma, entre os volumes  $V_1$  e  $V_2$ , representa o trabalho realizado pelo gás.

**Figura 1:** Gráfico da curva isoterma, com representação da área correspondente ao trabalho realizado pelo gás



Fonte: Elaboração própria.

Como sabemos, a área sob a curva pode ser obtida através da integração definida da função que determina a curva, com os limites de integração definidos pelos valores  $V_1$  e  $V_2$ , dessa forma teremos que, o trabalho ( $W$ ), é dado por (SEARS, et. al. 2009):

$$w = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV \quad (5)$$

Substituindo  $p$ , pela sua função correspondente dada por (4), teremos que:

$$w = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = nRT [\ln(V)]_{V_1}^{V_2}$$

Aplicando os limites de integração, e a propriedade de logaritmo relacionada à diferença entre logaritmos de mesma base, temos que:

$$w = nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right) \quad (6)$$

A equação 6 nos fornece o trabalho, em Joules, exercido pelo (ou sobre) o gás numa expansão ou compressão isotérmica.

### Transformação isométrica

A transformação isométrica, que também é chamada de isocórica, ou ainda, iso-volumétrica, é aquela na qual o volume do recipiente que contém o gás permanece constante durante todo o processo. Manipulando a equação 1 com esse pressuposto, temos que a relação entre as variáveis  $p$  e  $T$  é dada por:

$$p(T) = C_2 T \quad (7)$$

Em que  $C_2$  é uma constante dada por  $\left(\frac{nR}{V}\right)$ . Percebemos então que a equação 7 prevê uma relação linear entre a pressão e a temperatura, para uma transformação isométrica (SEARS, et. al. 2009).

Em uma transformação isométrica, diferente do caso isotérmico, não há realização de trabalho. Isto ocorre devido ao fato de que a integral sob a área da curva, no diagrama  $p \times V$ , é uma integral nula. Esse resultado é de demonstração trivial, dado que, uma vez que não há mudança de volume, os limites de integração da integral mostrada na equação 5 são iguais e, pelo teorema fundamental do cálculo, temos que o resultado da integral definida deve ser nulo.

### Transformação isobárica

Nesta transformação termodinâmica o parâmetro que permanece inalterado é a pressão. Manipulando a equação 1, e considerando constante a pressão, temos que:

$$V(T) = C_3 T \quad (8)$$

Em que  $C_3$  é uma constante dada por  $\left(\frac{nR}{p}\right)$ . A equação 8 prevê que um aumento de temperatura implicará em um aumento linear do volume ocupado pelo gás, durante o processo isobárico.

Como, nesse processo, ocorre uma mudança no volume, temos que o trabalho realizado pelo gás, entre dois estados, será diferente de zero.

Entretanto, diferente do caso isotérmico, o trabalho em uma transformação isobárica é matematicamente bem mais simples, isso ocorre pelo fato de que, no



diagrama  $p \times V$ , a curva de uma isobárica é uma linha horizontal paralela ao eixo  $V$ , portanto a área sob a curva é a área do retângulo cujos lados são: o valor da pressão; e a variação de volume, o que resulta em:

$$w = p\Delta V \quad (9)$$

### Transformação adiabática

A transformação adiabática é um caso no qual todas as variáveis de estado sofrem alterações. Esse tipo de transformação ocorre, de maneira geral, em intervalos de tempo relativamente curtos. Um exemplo comum de um gás sofrendo uma expansão adiabática pode ser observado quando utilizamos desodorantes do tipo spray.

Ao acionar o botão de liberação do desodorante é perceptível uma imediata diminuição na temperatura do recipiente. Ao acionar o botão, o gás em alta pressão no interior do recipiente, é colocado em contato com o ambiente externo, isso faz com que ocorra uma expansão espontânea do gás, de maneira súbita. Como não estamos fornecendo energia para subsidiar esse processo, ele é realizado às custas da energia interna do gás, energia essa que está diretamente relacionada com a temperatura absoluta. Dessa forma a queda na energia interna reflete em uma queda na temperatura.

Embora utilizamos esse exemplo para ilustrar o que ocorre numa transformação adiabática, perceba que o parâmetro  $\eta$  não permanece constante durante o processo, uma vez que a parte do gás que está se expandindo “vaza” para fora do frasco do desodorante. Mesmo assim as características desse exemplo são equivalentes ao da transformação adiabática.

A relação entre as variáveis de estado durante uma transformação adiabática é dada pela equação 10 (SEARS, et. al. 2009):

$$pV^\gamma = \text{constante} \quad (10)$$

Em que  $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ , que representa a razão entre o calor específico molar à pressão constante e o calor específico molar à volume constante do gás. E de forma análoga o trabalho realizado nessa transformação também será determinado pela integral definida entre os valores de  $V_1$  e  $V_2$ .



## Metodologia

Nessa seção vamos descrever a construção dos dois protótipos, um deles será utilizado para realizar o experimento da transformação isométrica, e o outro para a transformação isotérmica. Para a construção do protótipo experimental para a transformação isométrica são necessários os seguintes materiais:

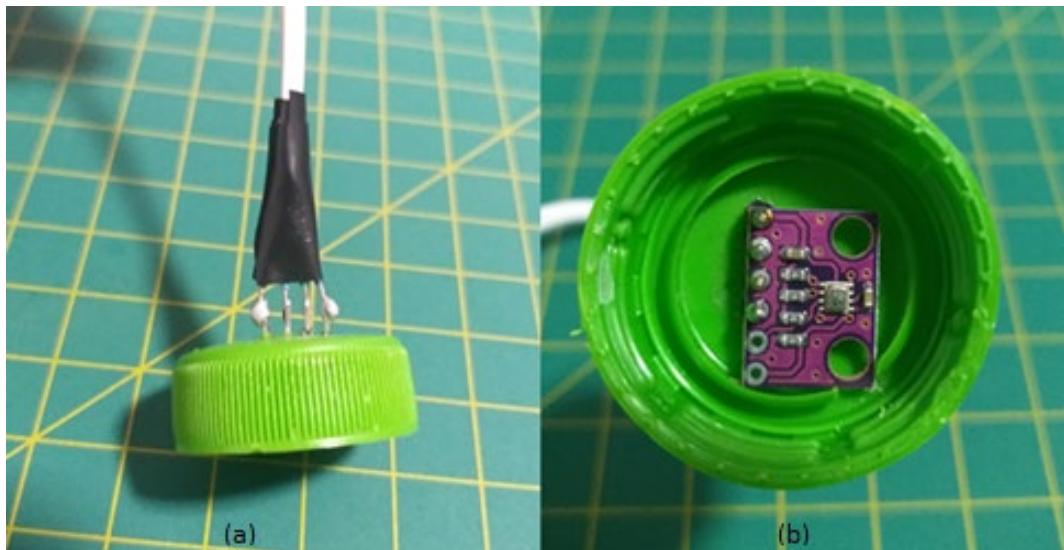
- Arduino pro/mini (3,3V);
- Sensor BMP280;
- Conversor serial FTDI USB;
- Fios;
- Garrafa plástica (água mineral ou refrigerante) com tampa;

Os fios utilizados são normalmente encontrados em instalações de interfones residenciais, e possuem quatro vias. O procedimento inicial é posicionar o sensor BMP280 na parte interna da tampa da garrafa de refrigerante. É necessário então fazer uma marcação na tampa, através dos quatro pinos iniciais, para perfurá-los posteriormente, figura 2(b). O que pode ser feito com qualquer objeto pontiagudo, como um prego, por exemplo.

Após perfurar os quatro pontos indicados, é necessário passar as quatro vias do fio, já decapadas, e soldá-las aos pinos do BMP280. Esses pinos são, respectivamente, os pinos grafados com as indicações: Vcc; Gnd, Scl e SDA. O primeiro (Vcc) corresponde à alimentação positiva; o segundo (Gnd) corresponde à alimentação negativa; os outros dois (Scl e SDA) correspondem à comunicação por protocolo I2C. Na Figura 2(a) podemos observar os quatro fios já soldados no sensor, atravessando a tampa. Já na Figura 2(b) o que se vê é o sensor BMP280 encaixado na parte interna da tampa.



**Figura 2:** (a) Visão dos fios saindo da tampa, já perfurada e (b) sensor BMP280.



Fonte: Elaboração própria.

Após o procedimento ser realizado basta enroscar a tampa na garrafa. Esse conjunto é a câmara de volume constante, a qual poderá ser submetida a um aumento de temperatura para verificação da pressão.

A parte da programação é realizada conectando os pinos que vêm do BMP280 ao arduino. O quadro 1 mostra como devem ser feitas as ligações entre o sensor BMP280 e o arduino:

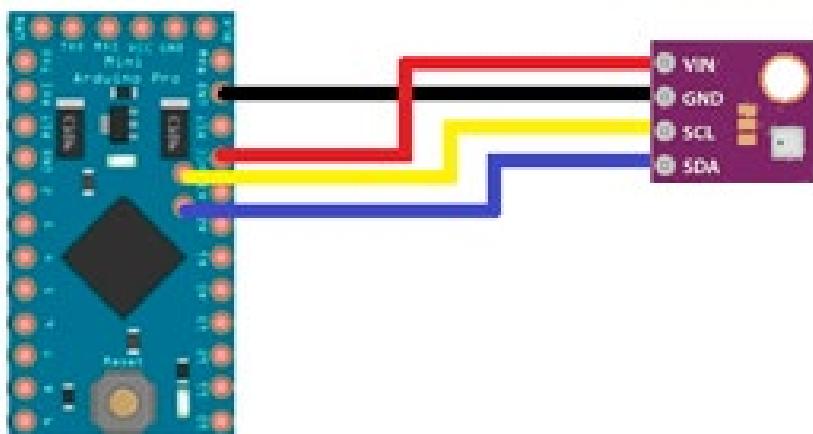
**Quadro 1:** Ligação entre o arduino e o BMP280.

Pino no Arduino	Pino correspondente no BMP280
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
A4	SCL
A5	SDA

Fonte: Elaboração própria.

As ligações mostradas no quadro 1 também podem ser representadas pelo diagrama esquemático mostrado na Figura 3:

**Figura 3:** Diagrama ilustrando a ligação entre o arduino e o BMP280.



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez conectados os fios, basta realizar a programação do arduino. Como esse modelo de arduino não possui conversor lógico e saída USB, é necessário utilizar o conversor serial FTDI USB, que se conecta diretamente à placa arduino e, através de um cabo USB, é ligado ao computador. Após a conexão no computador basta abrir a IDE (ambiente de programação do arduino) e carregar o código mostrado na Figura 4:

**Figura 4:** Código do programa para configuração do protótipo.

```
#include <Adafruit_Sensor.h> //Incluir biblioteca
#include <Adafruit_BMP280.h> //Incluir biblioteca

Adafruit_BMP280 bmp; //Inclusao de objeto com comunicação I2c

void setup(){
    Serial.begin(9600); //Inicia serial
    if(!bmp.begin(0x76)){ //caso não reconheça o sensor
        Serial.println(F("Sensor BMP280 não encontrado."));
        while(1); //tenta infinitamente
    }
}

void loop(){

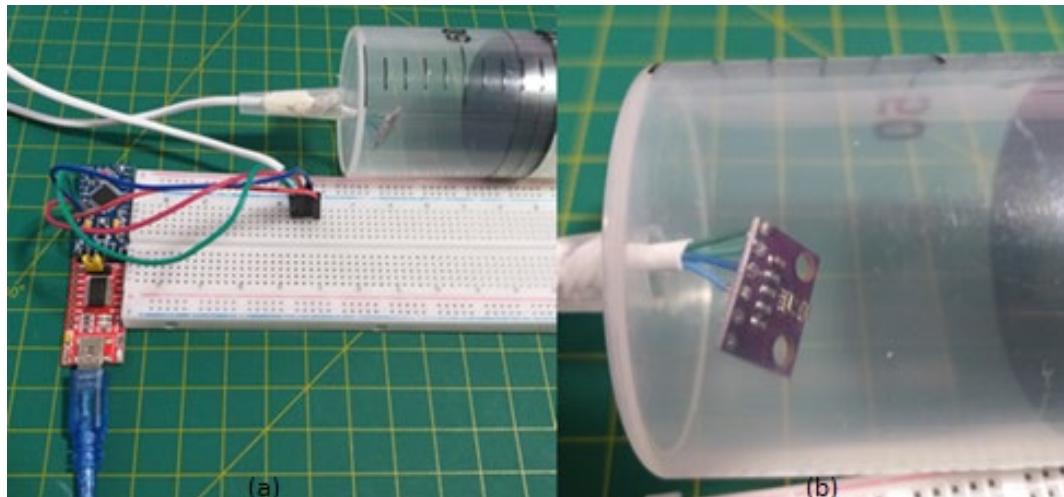
    Serial.print(bmp.readTemperature());Serial.print(",");
    Serial.println(bmp.readPressure()); //Imprime o par temperatura e pressão
    delay(1000); //Intervalo de 1s
}
```

Fonte: Elaboração própria.

Essa etapa conclui toda a configuração necessária para o primeiro protótipo. A construção do segundo protótipo, para obter as medidas da transformação isotérmica, irá utilizar os mesmos componentes, mas a garrafa, por sua vez, será substituída por uma seringa grande (100mL ou maior), do tipo utilizada em confeitorias.

A conexão entre o arduino e o BMP280 é exatamente a mesma descrita anteriormente, entretanto agora o sensor deve ser colocado no interior da seringa, de forma que os fios passem pela saída estreita da mesma. Para evitar que o ar saia pela seringa durante a compressão, deve-se colocar algum material preenchendo o espaço entre a saída da seringa e o fio (figura 5(b)). Esse material pode ser cola quente, ou mesmo borracha do tipo encontrada em lojas de material escolar. Na Figura 5 podemos ver o segundo protótipo já pronto.

**Figura 5:** (a) Protótipo conectado ao arduino por meio do conversor FTDI e (b) Sensor BMP280 no interior da seringa.



Fonte: Elaboração Própria.

A Figura 5(a) mostra (à esquerda) a placa arduino mini e o conversor FTDI, os fios estão conectados, por meio de uma *protoboard* que é opcional, aos fios do BMP280. Já a Figura 5(b) mostra uma imagem aproximada do BMP280 no interior da seringa.

Com o protótipo nessa forma final basta deslizar o êmbolo da seringa e o sensor indicará os valores de pressão medidos, para diferentes volumes.

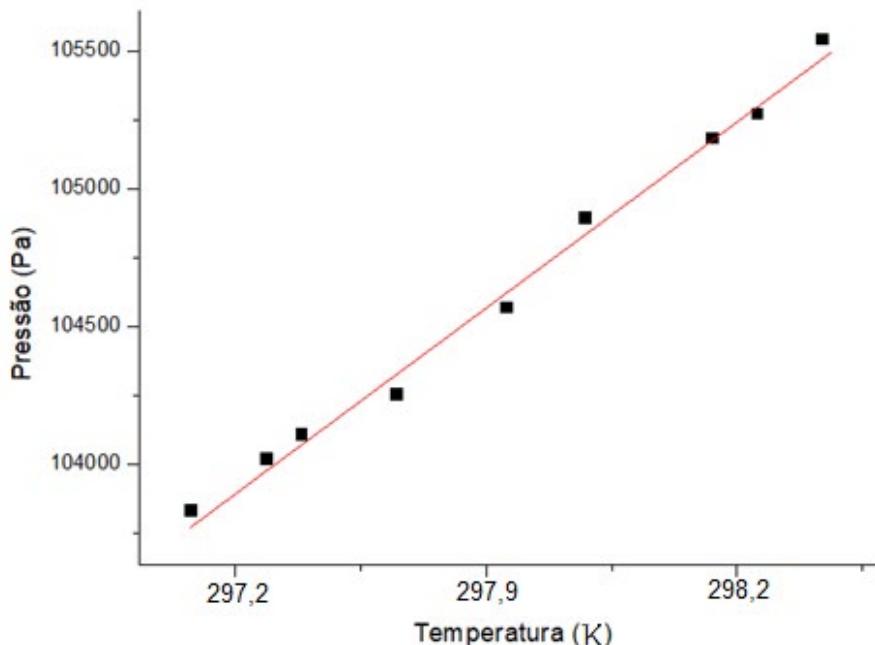
## Resultados e discussões

### Prática da transformação isométrica

Como previsto teoricamente, em uma transformação isométrica, com o aumento da temperatura de um gás ideal, esperamos obter um aumento linear na pressão exercida pelo gás. O primeiro protótipo, inicialmente à temperatura de  $296,9\text{ K}$ , foi colocado completamente mergulhado em um recipiente com água, à temperatura de  $302,8\text{ K}$ . De forma que, ao atingir o equilíbrio térmico com a água, averiguamos o novo valor de pressão interna.

Na última linha de comando de programa, mostrada na Figura 4, pode ser observada a função “*delay*” que é um comando para que o programa aguarde para executar seu *loop* novamente, o valor que aparece dentro dos parênteses “1000” corresponde, em milissegundos, ao tempo que deve ser aguardado. Dessa forma nossos valores de pressão e temperatura são exibidos em intervalos regulares de um segundo. O gráfico dos primeiros dez segundos é mostrado na Figura 6:

**Figura 6:** Gráfico dos valores de Pressão *versus* Temperatura.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 6 mostra graficamente os pontos experimentais obtidos na medida realizada com os alunos, bem como a reta ajustada para esses dados experimentais. Os dados do experimento mostraram uma excelente correlação ( $r^2 = 0,975$ ) entre os valores de pressão e temperatura, resultado que nos permitiu afirmar, com segurança, que o experimento conseguiu demonstrar o que era previsto teoricamente.

Com relação ao aspecto didático, os alunos puderam acompanhar não apenas visualmente o experimento, mas também os valores das medidas obtidos em tempo real. O arduino possui uma saída, através do monitor serial, que permite a exibição de valores em tempo real, como a tela se encontrava compartilhada no momento da aula os alunos também puderam acompanhar a evolução dos dados.

Outro recurso utilizado foi o *serial plotter*, que é uma saída que exibe na tela os valores na forma gráfica, em tempo real, o que permitiu que os alunos também pudessem acompanhar o esboço gráfico das medidas, como mostrado na Figura 7.

**Figura 7:** Imagem durante a aula remota, com a demonstração do funcionamento do plotter serial.



Fonte: Elaboração própria.

Como essa interface fornece uma curva, e não os valores separadamente em uma tabela, apenas foi mostrada a título de ilustração, para mostrar a relação linear entre as grandezas. Entretanto isso ocorreu após os alunos já terem tido acesso aos dados numéricos, exibidos previamente no monitor serial.

No que diz respeito à participação dos alunos percebemos, desde o início da aula, que a atividade foi muito bem acolhida pelos alunos, que se manifestaram prontamente a participar da atividade, demonstrando interesse e curiosidade.

No início da atividade, que durou um tempo total de duas horas e 15 minutos, o professor realizou uma explicação breve sobre como seria a dinâmica da aula. Logo em seguida, com o auxílio da câmera, apresentou a placa arduino mini e também o sensor BMP280, juntamente com o aparato (previamente preparado) mostrados nas figuras 2 e 5.

Antes de iniciar o experimento (isométrico) o professor questionou os alunos o que aconteceria com os valores das variáveis (*p* e *T*) se ele mergulhasse a garrafa de refrigerante na água quente. Prontamente dois alunos responderam:

Aluno 1: “A temperatura sobe...[inaudível]...pressão junto”

Aluna 2: “Aumenta a pressão e a temperatura”

De fato, os alunos previram de forma correta o que estava para acontecer. Como eles já tinham tido contato com a parte teórica da disciplina, já conseguiram prever o que deveriam esperar de uma transformação isométrica.

Com a tela compartilhada, o professor abriu o monitor serial do arduino e mergulhou a garrafa de refrigerante na água já separada para essa finalidade. Imediatamente os dados começaram a ser mostrados na tela do computador.

Os dados obtidos nas medidas foram compartilhados com os alunos no formato de tabelas, para que eles pudessem analisá-los posteriormente. A maior parte dos alunos (10 alunos) utilizou o software *Excel* para fazer a análise estatística e gráfica. Os demais fizeram uso da técnica dos mínimos quadrados (AGUIAR e MOREIRA JÚNIOR, 2021), de forma manual, para obter a equação da melhor reta.

### Prática da transformação isotérmica

Antes de iniciar o experimento da transformação isotérmica o professor questionou os alunos sobre o que eles achavam que iria acontecer com os valores das variáveis (*p* e *V*) enquanto ele puxasse o êmbolo. Vários alunos abriram o microfone simultaneamente, gerando uma sobreposição momentânea de respostas. Imediatamente, em seguida, um aluno afirmou:

Aluno 1: “Quanto maior o volume menor a pressão”



E, logo na sequência:

Aluno 3: “Diminuindo o volume vai ter mais pressão”

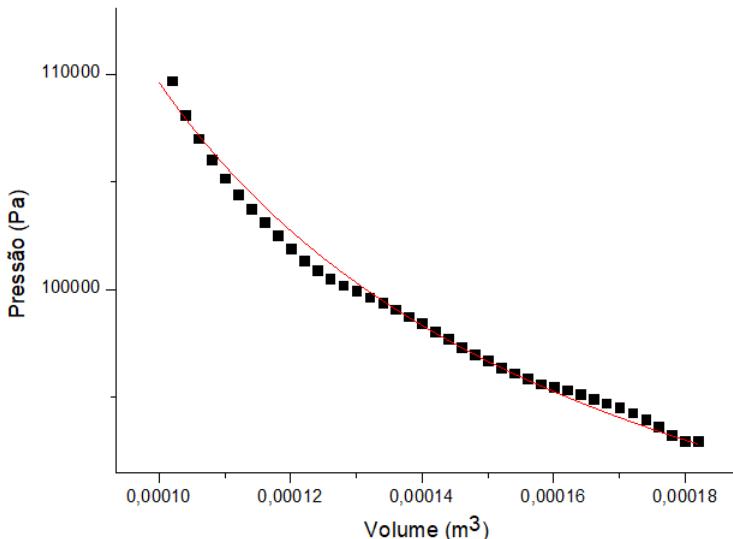
Outros dois alunos, que haviam se manifestado inicialmente, concordaram com mensagens escritas no *chat*. O que indica que eles já haviam compreendido que existia uma relação inversamente proporcional entre essas grandezas, durante esse tipo de transformação.

Para realizar o experimento de obtenção da curva isotérmica optou-se por fazer uma expansão isotérmica, justificada pela facilidade no momento da execução. O êmbolo, inicialmente indicando a ocupação de um volume de 100ml, foi puxado gradualmente para fora e, para cada valor de volume mostrado na seringa, foi anotado o valor da pressão correspondente.

O valor da temperatura, durante o experimento, se manteve em  $297,3\text{ K}$ . Vale ressaltar que, para que a temperatura não apresente uma variação significativa durante o experimento, ele deve ser feito lentamente. Uma expansão (ou compressão) brusca no êmbolo também ocasionaria uma alteração no valor da temperatura.

Em relação aos resultados numéricos obtidos temos que a expectativa teórica é que a curva da transformação isotérmica seja uma hipérbole, prevista pela relação mostrada na equação 4. Os dados obtidos no experimento são mostrados na Figura 8:

**Figura 8:** Gráfico dos valores de Pressão versus Volume para a transformação isotérmica.



Fonte: Elaboração própria.

Como se observa na Figura 8 temos os pontos experimentais, juntamente com a curva ajustada, com o auxílio do *Software Origin 8.5*. O ajuste da curva nos forneceu, para o modelo de uma função hipérbole, um bom coeficiente de correlação ( $r^2 = 0,958$ ). Esse valor, embora ligeiramente inferior ao do primeiro experimento, também reflete uma grande correlação entre esses dados, modelada através da função esperada teoricamente (prevista na equação 4).

Após anotados os dados, os alunos conseguiram confirmar a relação inversamente proporcional de forma intuitiva. Mas para ilustrar de forma ainda mais clara, o professor abriu novamente a ferramenta do *plotter serial* (figura 7) do arduino e fez uma série de compressões (empurrando o êmbolo) e expansões (puxando o êmbolo) para mostrar o gráfico da isoterma em tempo real.

Os alunos mostraram grande interesse no princípio de funcionamento do experimento, inclusive fazendo perguntas técnicas sobre as características do equipamento utilizado, como vemos a seguir:

Aluno 4: “Professor, esse sensor pode ser usado com pilhas? Se que quiser usar numa sala de aula?”.

Foi então explicado ao aluno em questão que é perfeitamente possível esse tipo de utilização, mas que isso eliminaria apenas dois fios do esquema mostrado na figura 3, pois os fios de comunicação para leitura ainda deveriam estar conectados ao sensor.

Os alunos também fizeram gráficos com os dados compartilhados durante a aula, mostrando a relação entre os dados de pressão e volume. A correção desses gráficos, feita posteriormente, mostrou que os alunos compreenderam com clareza a relação entre as grandezas envolvidas em ambas transformações, bem como souberam utilizar os dados obtidos remotamente para análise e modelagem matemática.

## Considerações finais

No que diz respeito aos objetivos almejados pela prática, tanto a análise dos resultados experimentais obtidos pelos protótipos, quanto a análise dos depoimentos e exercícios realizados pelos alunos, nos permitem concluir que a prática foi bem-sucedida. Tanto no sentido do aprendizado conceitual estrito, que pode ser facilmente avaliado pela qualidade dos gráficos e análises produzidas pelos alunos,



quanto no sentido fenomenológico, visto que o fenômeno em si pôde ser observado e compreendido de forma empírica.

Do ponto de vista técnico os protótipos apresentaram poucos desafios em sua construção, salvo pequenos detalhes que devem ser observados para que os protótipos funcionem corretamente. Um exemplo de dificuldade encontrada foi em vedar a ponta da seringa, o processo de inserção de borracha deve ser feito de forma cuidadosa, para que não tenham pontos em que o ar possa passar.

Outro ponto a ser observado, no momento da execução do experimento da transformação isométrica, é que tanto a garrafa, quanto o ar contido nela, possuem uma baixa capacidade térmica, dessa forma colocar apenas uma parte da garrafa dentro da água não fornece dados corretos, devido ao fato de que a parte da garrafa que está fora da água esfria rapidamente o ar, o que resulta em uma oscilação das medidas que impossibilita traçar o gráfico correto. Em nossos testes o que resolveu esse problema foi mergulhar a garrafa horizontalmente, toda dentro da água de uma vez.

Acreditamos, por fim, que a prática desenvolvida pode contribuir como um exemplo de utilização de tecnologia a favor do ensino de ciências, e que pode ser reproduzida e/ou adaptada para contextos de ensino de química e física, tanto para o nível superior quanto ensino médio.

## Experimental activity in remote teaching, using arduino to teach gaseous transformations

### Abstract

Given the various difficulties encountered in carrying out remote teaching activities, due to the new Sars Covid-19 pandemic, we can especially highlight the carrying out of experimental activities in science. This article describes the construction and application of two low cost experimental prototypes, based on the Arduino microcontroller, to carry out experiments on gas transformations. The prototypes use the "arduino mini 3.3V" board together with the BMP280 sensor, and were used to perform real-time acquisition of temperature and pressure values. The curves of isothermal and isometric transformations were obtained experimentally, so that students could follow the experiment in real time, by video, as well as have access to data acquisition, shown in real time. Students were able to process the data normally, even in a virtual environment. The experimental results enabled extremely good fits with excellent Pearson correlation values ( $r^2=0.975$  for the isometric curve and  $r^2=0.958$  for isothermal). The analysis of the students' performance, as well as their impressions throughout the activity, showed extremely satisfactory learning results.

**Keywords:** Arduino. Science teaching. Gas transformations.



## Referências

- ADMIRAL, T. D. Experimento de difração luminosa utilizando coleta de dados totalmente automatizada por Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol. 42, e20200139 (2020).
- ALMEIDA, M. M. Experimento de baixo custo para medição da dissipação da energia em um pêndulo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, e20200360 (2021).
- AGUIAR F. L.; MOREIRA JUNIOR, W. I. **Ajuste de Curvas por Quadrados Mínimos Lineares**. Belo Horizonte-MG: [s.n.], s. d. UFMG. 2021.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BRUNETTO, R. S., OLIVEIRA, A. C., JÚNIOR, M. R. F. Equipamento experimental para determinação de dados  $pVt$  para sistemas gasosos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 363-367, (2005).
- CARDOSO, J. M., ZANNIN, M. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 41, nº 4, e20190028 (2019).
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning Editores, 2004.
- DA SILVA, A. C. S., COUTO, M. E. S., SANTANA, E. R. S., CORREIA, D. S. Estudo dos conceitos estatísticos na formação de professores em um contexto de pandemia da Covid-19. **REnCiMa**, São Paulo, v. 12, n. 4., p.1-24, 2021.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências, **Química nova na escola Experimentação e Ensino de Ciências** N° 10, 1999.
- GONÇALVES, F. P., MARQUES, A. C. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências** – V11(2), pp. 219-238, 2006.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, vol. 2, 2016.
- HONORATO, A. H. A., FIORENTINI, D. Aprendizagem docente em experiências de ensino com Modelagem Matemática. **REnCiMa**, São Paulo, v. 12, n. 2., p.1-25, 2021.
- KRASILCHIK, M. P. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- MALHEIROS, A. P. S., SOUZA, L. B., FORNER, R. Olhares de docentes sobre as possibilidades da Modelagem nas aulas de Matemática. **REnCiMa**, São Paulo, v. 12, n. 2., p.1-22, 2021.
- MARQUES, C. V. S. Uma proposta para o ensino dos gases perfeitos apoiado por experiências: o sensor de pressão. TCC, IFRJ, 2012. **REnCiMa**, São Paulo, v. 12, n. 2., p.1-22, 2012.
- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Fundamentos de Física** 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, c2008-2009 vol 2.

