



**UFRPE**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E  
TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DE TRANSFORMAÇÕES  
GASOSAS: Elaboração de uma sequência didática**

Erivaldo Correia da Silva

Limoeiro

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E  
TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DE TRANSFORMAÇÕES  
GASOSAS: Elaboração de uma sequência didática**

Erivaldo Correia da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Flávia Portela Santos

Limoeiro

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586e

Silva, Erivaldo Correia da  
ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DE TRANSFORMAÇÕES GASOSAS: : Elaboração de uma sequência didática /  
Erivaldo Correia da Silva. - 2023.  
53 f. : il.

Orientadora: Flavia Portela Santos.  
Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Física,  
Recife, 2024.

1. Ensino por investigação. 2. temperatura. 3. sequência didática investigativa. 4. experimentação. 5. metodologias  
ativas. I. Santos, Flavia Portela, orient. II. Título

CDD 530

---

Erivaldo Correia da Silva

## **ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DE TRANSFORMAÇÕES GASOSAS: Elaboração de uma sequência didática**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovado em 20 de dezembro de 2023

### **BANCA EXAMINADORA**

Presidente: Dr<sup>a</sup>. Flávia Portela Santos – UFRPE

1º Examinador: Me. Abdias José da S. Filho – UFRPE/Colaborador

2º Examinador: Dr. Wellington Moreira da Silva – UFRPE

## AGRADECIMENTOS

A conclusão do curso de licenciatura em física na UFRPE/UAEDTeC marca o fim de uma jornada incrível e significativa em minha vida. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que fizeram parte desse percurso e que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço, em primeiro lugar, aos professores do curso de física da UFRPE, que dedicaram seu tempo e conhecimento para nos ensinar e nos inspirar. Suas aulas, orientações e incentivo foram fundamentais para o meu crescimento intelectual e profissional.

Agradeço também aos funcionários e colaboradores da universidade, que trabalharam incansavelmente para garantir um ambiente, mesmo que virtual, propício para o aprendizado e o desenvolvimento acadêmico.

Agradeço, de maneira especial, aos meus familiares, minha esposa e filha, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, compreensão e amor incondicional. Seu encorajamento e suporte foram essenciais para que eu pudesse superar desafios e alcançar meus objetivos.

Agradeço também aos amigos e colegas de curso, com quem compartilhei momentos inesquecíveis, troquei experiências e aprendi lições valiosas, mesmo que não tendo o privilégio de vivenciar tais momentos de forma presencial. Sua amizade e camaradagem tornaram a jornada universitária ainda mais especial e enriquecedora.

Por fim, agradeço a mim mesmo, por não desistir mesmo nos momentos de dificuldade, por persistir e buscar sempre evoluir.

Em especial, quero agradecer à Professora Flávia Portela, coordenadora do curso e minha orientadora, muito obrigado por não desistir de mim, jamais esquecerei o “olá moço” nas mensagens do WhatsApp.

A todos que de alguma forma contribuíram para minha formação, o meu muito obrigado. A conclusão deste curso é, sem dúvida, uma conquista coletiva, e estou imensamente grato por toda ajuda e apoio que recebi ao longo do caminho. Que este agradecimento seja um reflexo da minha profunda gratidão e apreço por cada um de vocês.

Muito obrigado!

# ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DE TRANSFORMAÇÕES GASOSAS: elaboração de uma sequência didática

---

*Erivaldo Correia da Silva*

Autor do Trabalho de Conclusão de Curso  
Licenciatura em Física UAEADTec  
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE  
erivaldocorreiasilva3@gmail.com

*Flávia Portela Santos*

Orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso  
Licenciatura em Física UAEADTec  
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE  
flavia.portela@ufrpe.br

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma sequência didática baseada no ensino por investigação, focada no ensino do conteúdo das transformações gasosas. A abordagem do ensino por investigação promove a aprendizagem ativa e significativa dos alunos, colocando-os como protagonistas na construção do conhecimento. A sequência didática proposta segue uma estrutura progressiva, envolvendo atividades práticas por meio de simulação virtual, experimentos e análise de dados. Espera-se que os alunos desenvolvam uma compreensão aprofundada dos conteúdos das transformações isobárica, isovolumétrica e isotérmica, além de habilidades de pensamento crítico e científico, e que aprimorem suas habilidades de investigação e trabalho em equipe. As atividades propostas podem também servir, para outros professores de física, como uma ferramenta de auxílio durante sua prática docente no ensino das transformações dos gases. A sequência didática busca promover uma educação mais contextualizada, formando alunos críticos, reflexivos e cientificamente alfabetizados.

**Palavras-Chave:** Ensino por investigação; temperatura; sequência didática investigativa; experimentação; metodologias ativas.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem da física no ensino médio tem enfrentado ao longo dos anos uma série de desafios que podem impactar a forma como os estudantes aprendem e se envolvem com a disciplina (MOREIRA, 2021). Silva *et al.* (2018)

apresentam alguns desafios, incluindo a falta de contextualização dos conteúdos, como um dos principais problemas. Ainda de acordo com estes autores, muitas vezes, os conceitos físicos são apresentados de forma abstrata e desconectados da realidade dos alunos, o que dificulta o engajamento e a compreensão. Uma possível forma para mitigar tais desafios são as metodologias ativas de aprendizagem, para tanto pode-se citar o viés do ensino por investigação, por meio de simulações virtuais.

O conceito da grandeza Temperatura, por exemplo, carrega a característica de ser bastante abstrato, mas muito intuitivo pela aplicabilidade no dia a dia. No entanto, se seu aprendizado não estiver articulado a outros conceitos, como o de condutividade térmica, é comum um estudante achar que uma panela de alumínio está mais fria que uma colher de pau, mesmo estando ambas à mesma temperatura. Dessa forma, um dos principais obstáculos é a abstração do conceito. Conforme destacado por Santos *et al.* (2022), compreender que a temperatura está relacionada à agitação das partículas de um sistema requer uma visão microscópica e a capacidade de estabelecer conexões entre os fenômenos macroscópicos e microscópicos.

A despeito desses desafios, a compreensão dos conteúdos relacionados à temperatura, e dentro deste os fenômenos relacionados às transformações sofridas pelos gases ideais, desempenha um papel fundamental na formação científica dos discentes do ensino médio, por estar presente em diversos fenômenos físicos e químicos do cotidiano. As transformações gasosas são processos físicos que ocorrem com os gases, resultando em mudanças em suas propriedades, como pressão, volume e temperatura. Existem três tipos principais de transformações gasosas: isobárica, isovolumétrica e isotérmica.

### *1.1 Tipos de transformações gasosas e suas aplicações*

As transformações gasosas são processos nos quais uma substância gasosa sofre alterações em sua pressão, volume e temperatura. Na transformação isobárica, a pressão do gás se mantém constante enquanto o volume e a temperatura podem variar. Na transformação isovolumétrica, o volume do gás se mantém constante enquanto a pressão e a temperatura podem variar. Já na transformação isotérmica, a temperatura se mantém constante enquanto a pressão e o volume podem variar.

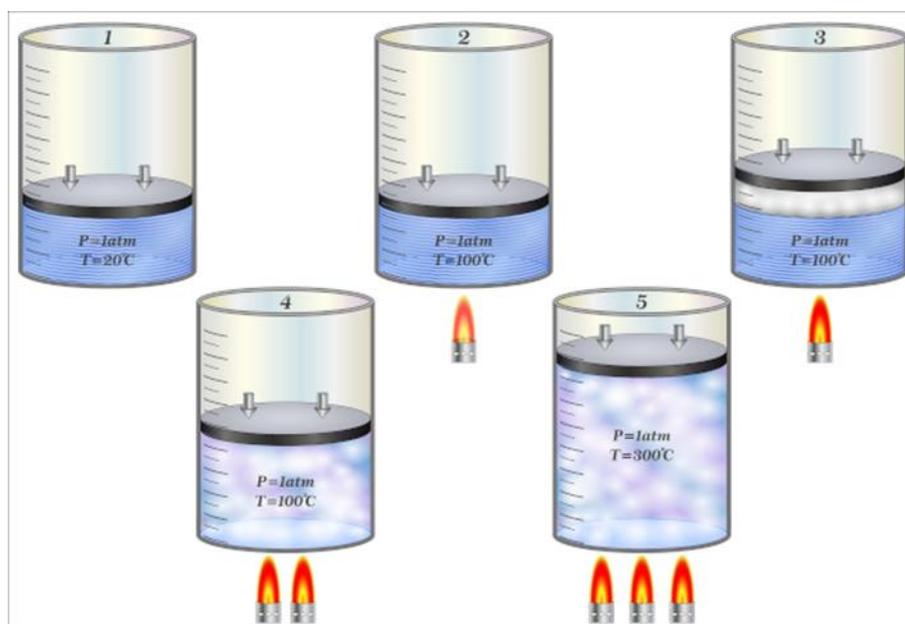
As transformações gasosas têm diversas aplicações práticas, como na fabricação de produtos químicos, na produção de energia em usinas termelétricas, na refrigeração e na climatização de ambientes, entre outras. Além disso, as transformações gasosas também são fundamentais em processos industriais, como na produção de alimentos, na

fabricação de materiais e na purificação de substâncias. As subseções a seguir trazem em maiores detalhes cada uma das transformações gasosas.

### 1.1.1 Transformação isobárica

A transformação isobárica ocorre quando a pressão do gás permanece constante, mas o volume e a temperatura podem variar. Um exemplo comum dessa transformação é a expansão de um gás contido em um recipiente com pistão móvel. A figura 1, abaixo ilustra a transformação isobárica.

**Figura 1** – Transformação isobárica



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/transformacao-isobarica.htm>

A transformação isobárica é encontrada sempre que a pressão for constante, por exemplo, uma bexiga cheia de ar tem seu volume alterado na medida em que varia a temperatura do gás em seu interior, contudo, a sua pressão externa se mantém inalterada, da mesma forma ocorre com os balões de ar quente. A transformação isobárica ocorre quando um gás está sob pressão constante em um sistema fechado, no qual existem trocas de energia com a vizinhança e se modifica o volume e a temperatura desse gás. Na transformação isobárica, pode-se ter a expansão isobárica, em que há ampliação do volume e da temperatura do gás e, conseqüentemente, o aumento da energia interna e a compressão isobárica, em que se tem a diminuição de volume e da temperatura do gás, portanto, a redução da energia interna.

A relação entre pressão, volume e temperatura dá-se da seguinte forma:

$$P_0 \cdot V_0/T_0 = P \cdot V/T$$

Na transformação isobárica, a variável que permanece constante é a pressão (P), já a temperatura e o volume variam.

*“Em um sistema sob pressão contante, observa-se que o volume ocupado por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica”*

Essa lei é conhecida por primeira lei de Charles e Gay-Lussac, pois ela foi inicialmente observada em 1787 pelo físico francês Jacques Charles (1746-1823) e, em 1802, foi quantificada pelo químico francês Joseph Gay-Lussac (1778-1850).

Essa quantificação mostrou que se aumentarmos a temperatura para o dobro do seu valor inicial, o volume também aumentará exatamente o dobro, e se diminuirmos pela metade a temperatura, o volume ocupado pelo gás também diminuirá a metade. É importante ressaltar que isso só vale se a temperatura for a termodinâmica, isto é, na escala Kelvin.

Isso acontece porque o aumento da temperatura eleva também a energia cinética das moléculas ou átomos do gás, o que faz com que elas se movimentem ainda mais rapidamente, expandindo o volume. Mas quando a temperatura diminui, as partículas constituintes do gás movimentam-se mais lentamente, e o gás contrai-se.

Sempre que duas grandezas são diretamente proporcionais, matematicamente temos que a razão entre elas é igual a uma constante:

$$\frac{V}{T} = k$$

O volume e a temperatura variam proporcionalmente e a relação V/T apresenta sempre o mesmo valor, ou seja, é uma constante. Com base nisso, pode-se representar essa relação da seguinte forma:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

### 1.1.2. Transformação isovolumétrica

Já a transformação isovolumétrica, também conhecida como transformação isométrica, acontece quando o volume do gás permanece constante, mas a pressão e a

temperatura podem ser alteradas. Um exemplo disso é a compressão de um gás em um cilindro fechado, como mostrado na figura 2.

Por exemplo, imagine uma lata do tipo spray. Em seu rótulo é dito que não se deve incinerá-la. Por que não podemos fazer isso? Bem, se aumentarmos a temperatura da latinha por queimá-la, os resíduos de gases que ainda restam dentro dela causarão uma maior pressão e ela explodirá.

**Figura 2:** Transformação isovolumétrica



Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/exemplos-transformacoes-gasosas.htm>

Esse caso é um exemplo de transformação isocórica, pois o volume dentro da lata manteve-se contante, mas a temperatura foi elevada, o que causou um aumento na pressão também. Isso acontece porque o aumento da temperatura aumenta a energia cinética média das partículas, fazendo com que elas se movimentem em uma velocidade maior e expandam-se. Porém, como o volume não aumenta, pois ele está constante, essas partículas colidem ainda mais com as paredes do recipiente, causando uma maior pressão.

Por outro lado, se a temperatura abaixar, as partículas constituintes dos gases movimentar-se-ão mais devagar e, com isso, a pressão também diminuirá. Esse tipo de transformação gasosa foi estudado de forma independente pelos cientistas Jacques Alexandre César Charles (1746-1823) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850). Eles chegaram à seguinte conclusão, que é conhecida como segunda lei de Charles e Gay-Lussac: duas grandezas são diretamente proporcionais quando o quociente entre elas é igual a uma constante. Assim, matematicamente, temos:

*“Em um sistema com volume contante, observa-se que a pressão exercida por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica.”*

Visto que o valor do quociente da pressão pela temperatura sempre dá o mesmo valor, podemos estabelecer a seguinte relação matemática:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_F}{T_F}$$

### *1.1.3. Transformação isotérmica*

Por fim, a transformação isotérmica ocorre quando a temperatura do gás permanece constante, enquanto a pressão e o volume variam. Um exemplo comum dessa transformação é o processo de expansão ou compressão de um gás em um sistema termodinâmico.

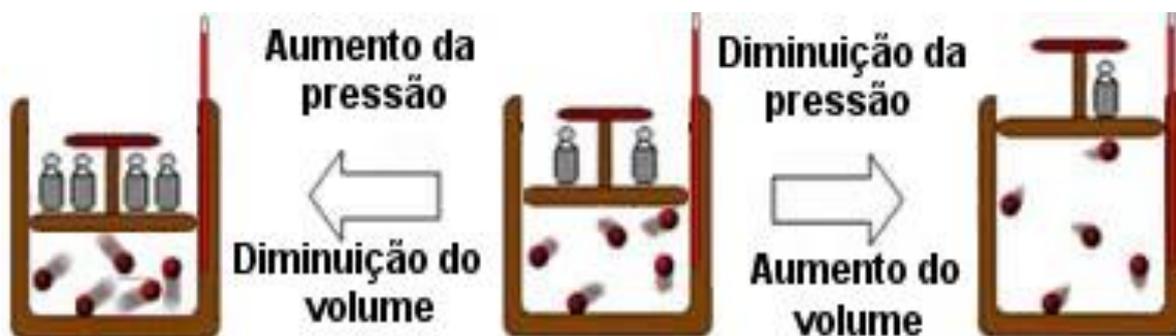
A transformação isotérmica ocorre quando um gás, em condições ideais, sofre variação na sua pressão e no seu volume, mas a temperatura permanece constante. A palavra isotérmica vem do grego, em que *iso* significa “igual”, e *thermo* significa “calor”, ou seja, “calor igual”, o que dá a entender que a temperatura não muda.

O primeiro cientista que estudou esse tipo de transformação gasosa foi o físico e naturalista inglês Robert Boyle (1627-1691), no ano de 1662. Mais tarde, em 1676, o físico francês Edme Mariotte (1620-1684) repetiu os experimentos de Boyle e divulgou-os na França, dando crédito também a Boyle. Assim, a conclusão a que se chegou com esses experimentos foi enunciada na forma de uma lei, que ficou conhecida como Lei de Boyle, ou como Lei de Boyle-Mariotte, que diz o seguinte:

*“Em um sistema fechado em que a temperatura é mantida constante, verifica-se que determinada massa de gás ocupa um volume inversamente proporcional à sua pressão.”*

Por exemplo, imagine-se segurando uma seringa e enchendo-a de ar por puxar o seu êmbolo. Depois você coloca o dedo na saída do ar e aperta o êmbolo da seringa. Ao empurrar o êmbolo, você está aumentando a pressão sobre a mistura gasosa (ar) que está aprisionada dentro da seringa. Conseqüentemente, pode-se perceber que o volume ocupado pelo ar diminui. O contrário também é verdadeiro, ao puxar o êmbolo, diminuindo a pressão, o volume ocupado pelo ar aumenta. Essa situação é ilustrada na figura 3 a seguir.

**Figura 3:** Transformação isotérmica



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com>

Assim, sabe-se que o volume e a pressão são inversamente proporcionais e, matematicamente, isso quer dizer que o produto (resultado da multiplicação) entre essas duas grandezas é igual a uma constante. Por isso, tem-se:

$$P \cdot V = k$$

Se a pressão for aumentada o dobro, o volume diminuirá pela metade. Se a pressão for aumentada o triplo, o volume diminuirá um terço e assim sucessivamente.

Observe que o produto  $P \cdot V$  em todos os casos dará exatamente o mesmo valor, ou seja, é uma constante. Isso nos leva à outra relação matemática:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Essa relação pode ser usada quando ocorre alguma variação da pressão com um gás e queremos descobrir qual foi a variação do volume, por exemplo, ou vice-versa.

Essas transformações têm uma importância significativa no cotidiano, pois estão presentes em diversos processos industriais, como na produção de energia elétrica, na fabricação de produtos químicos e na refrigeração. Além disso, compreender os conceitos e definições das transformações gasosas é essencial para a compreensão do comportamento dos gases em diferentes situações, auxiliando no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e na resolução de problemas do dia a dia.

### 1.2. Ensino por investigação

Outro desafio encontrado no ensino da termologia é a relação entre a teoria e sua aplicação prática. Conforme argumenta Santos (2022), muitas vezes os estudantes têm dificuldades em relacionar os conceitos aprendidos em sala de aula com situações reais. Portanto, é importante que o ensino desse conteúdo seja acompanhado por exemplos e aplicações práticas que possam conectar a teoria à vida cotidiana dos alunos. Dessa forma,

é possível promover um aprendizado significativo e despertar o interesse dos estudantes pela física e pela ciência como um todo (AUSUBEL, 1963).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), bem como o Currículo de Pernambuco (2018), trazem as competências a serem adquiridas pelos estudantes em relação ao tema da temperatura. No âmbito do ensino médio, a Competência da Área - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - em relação ao objeto do conhecimento de temperatura e fenômenos correlatos:

Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(BRASIL, 2018, p. 549; SEE, 2019, p.209).

Para que se possa alcançar os objetivos relacionados às competências da BNCC e das habilidades do Currículo de Pernambuco, é necessária a prática de aulas que saiam do tradicional, ou seja, das aulas meramente expositivas e, muitas vezes, descontextualizadas. Nesse contexto, a utilização de metodologias ativas, como uma sequência didática por investigação, surgem como uma abordagem promissora para o ensino da termodinâmica e das transformações gasosas, permitindo que os alunos se envolvam ativamente na construção do conhecimento.

É necessário que se tenha uma definição clara do que vem a ser uma sequência didática de ensino por investigação, e quais seriam seus objetivos, uma vez que sua definição pode se apresentar de forma bastante variada. Existem alguns pesquisadores que se dedicam a estudar este tema e propor a sua aplicação na educação básica, em quaisquer áreas do conhecimento (PAIS, 2002; ALMOULOU, COUTINHO 2008; CARVALHO, 2013).

Dentro do escopo da Física e para a proposta deste trabalho foi aceita a definição de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) de Carvalho (2013, p. 9):

Sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Como defendido pela autora, é necessário que se faça um planejamento de todas as etapas da sequência didática a ser aplicada, e que se considere apenas um conteúdo, ou tópico do programa, ou currículo que se está trabalhando, uma vez que os objetivos devem ser conhecidos pelo professor e pelos alunos. Em relação aos conhecimentos prévios dos estudantes, é necessário fazer uso correto de tal conhecimento, pois a relação do que já se sabe sobre determinado tema, embora não seja um conhecimento estruturado e sistematizado, é de grande importância. Este aspecto é defendido por Ausubel (1963) em sua teoria, na qual propõe que se valorize o conhecimento prévio dos alunos na construção de estruturas mentais por meio de mapas conceituais. Essa abordagem permite a descoberta e redescoberta de novos conhecimentos, tornando a aprendizagem prazerosa e eficaz, buscando assim uma aprendizagem significativa.

Dentro deste contexto, as simulações virtuais têm se mostrado uma ferramenta extremamente relevante no ensino e aprendizado de diversos conceitos científicos. No caso das transformações gasosas, não poderia ser diferente. Realizar simulações virtuais sobre essas transformações é de suma importância para que os estudantes possam compreender melhor os fenômenos envolvidos e assimilar os conceitos de forma mais efetiva.

### *1.3. A importância do uso de simulações virtuais*

A utilização de simulação virtual como ferramenta de ensino tem ganhado cada vez mais destaque, principalmente na área da ciência e da educação. Nesse sentido, a simulação virtual surge como uma solução inovadora e eficiente para ensinar conteúdos complexos e abstratos, como é o caso dos conceitos relacionados às transformações gasosas. Em escolas onde não se disponha de computadores ou laboratório de informática para uso dos estudantes, pode-se fazer uso, como forma alternativa, do smartphone na execução das simulações virtuais, o uso do smartphone justifica-se, pois, a maioria dos estudantes possuem um aparelho, e de forma a incluir a todos, as simulações podem ser realizadas em grupo.

A ascendente utilização desta ferramenta de ensino-aprendizagem acontece devido a alguns fatores que impossibilitam e/ou dificultam que experimentos reais sejam realizados, dentre os quais destaca-se: a falta de laboratórios na maioria das escolas; o alto custo financeiro para a realização de certos experimentos, além da necessidade de um ambiente que seja seguro e adequado, para tal prática (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA,

2012).

As simulações virtuais permitem que o estudante tenha uma experiência prática, mesmo que de forma virtual, sobre as transformações gasosas. Isso é fundamental, uma vez que essas transformações ocorrem em um nível microscópico e muitas vezes são difíceis de serem visualizadas no ambiente real. Através da simulação, é possível observar e compreender o comportamento dos gases, assim como suas propriedades físicas, além de possibilitar a manipulação de variáveis e condições experimentais de forma segura. Os alunos podem alterar a temperatura, a pressão e o volume dos gases, por exemplo, e observar as consequências dessas alterações nas transformações gasosas. Isso não seria possível em um laboratório com materiais reais, devido aos riscos envolvidos em experimentos com gases.

Nesse contexto, a simulação virtual surge como uma importante aliada no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos sobre transformações dos gases. Por meio de interfaces interativas, os estudantes podem explorar e manipular virtualmente os fenômenos térmicos, permitindo uma compreensão mais ampla e concreta desses conceitos.

Essas experiências virtuais permitem aos alunos observarem os resultados das ações que realizam, podendo repeti-las quantas vezes julgarem necessário para compreenderem melhor cada fenômeno. Além disso, a simulação virtual possibilita a visualização de gráficos, imagens e animações que auxiliam na compreensão dos conceitos térmicos.

Um estudo realizado por Silva et al. (2020) mostrou os benefícios da utilização de simulações virtuais no processo de ensino dos conceitos sobre temperatura. Os resultados revelaram que os alunos que utilizaram as simulações virtuais apresentaram um maior domínio dos conteúdos, foram capazes de relacioná-los com situações reais e demonstraram maior interesse e motivação pelo assunto.

Portanto, a utilização de simulações virtuais no ensino dos conteúdos sobre temperatura se mostra uma estratégia pedagógica eficaz. Ao proporcionar uma aprendizagem mais significativa, concreta e interativa, a simulação virtual contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de inferir, analisar e solucionar problemas relacionados aos fenômenos térmicos. Sendo assim, é essencial que professores e instituições de ensino incorporem essa tecnologia em suas práticas pedagógicas, a fim de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem e melhorar a formação dos estudantes.

Além disso, as simulações virtuais também podem ser utilizadas como complemento às aulas teóricas. Os professores podem utilizar essas simulações para exemplificar e ilustrar as transformações gasosas de forma mais dinâmica e interativa, despertando o interesse dos alunos e facilitando a compreensão dos conceitos abordados. É importante destacar que as simulações virtuais são uma ferramenta inclusiva e democrática. Nem todas as escolas possuem laboratórios equipados para realizar experimentos com gases, o que pode prejudicar o aprendizado dessa temática. Ao utilizar as simulações virtuais, os alunos têm acesso a atividades práticas, independentemente da infraestrutura da sua escola, nivelando as oportunidades de aprendizado. Desta forma, torna-se imprescindível incorporar essa tecnologia no ensino de Física, visando o aprimoramento do aprendizado dos estudantes.

#### *1.4 A proposta de elaboração de uma Sequência Didática Investigativa*

Esta investigação propõe a elaboração de uma sequência didática, utilizando uma Sequência de Ensino Investigativa – SEI, para o ensino do conceito físico de transformações gasosas. Para esta construção, propõe-se a utilização de uma prática experimental através de uma simulação virtual em física de forma sistemática e investigativa.

Para que fosse possível a realização da produção de uma sequência didática investigativa, a qual seja aplicável para qualquer turma do ensino médio nas aulas de física, dentro do tema proposto, o estudo da temperatura e transformações gasosas, foram seguidos alguns pontos norteadores: Elaboração e proposição de uma sequência didática para o ensino das transformações gasosas por investigação, buscando proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa e contextualizada, por meio de atividades práticas e reflexivas.

A sequência didática suprarreferida, produto final deste trabalho, dedica-se inicialmente à identificação das principais dificuldades e concepções prévias dos alunos em relação ao tema da temperatura, a fim de adaptá-la de acordo com as necessidades dos estudantes e seus conhecimentos prévios. Adicionalmente, a proposta objetiva estimular o desenvolvimento de atividades práticas e experimentais que permitam aos alunos investigar e explorar os conceitos de temperatura e das transformações gasosas.

A Sequência de Ensino Investigativa também visa estimular a colaboração e a troca de ideias entre os alunos, por meio de atividades em grupo, debates e discussões, possibilitando a construção coletiva do conhecimento e o desenvolvimento das

habilidades sociais, como a comunicação e a argumentação científica, além de incentivar a reflexão metacognitiva sobre o processo de aprendizagem, levando os alunos a refletirem sobre suas próprias estratégias e o aprofundamento dos seus conhecimentos sobre o tema da temperatura, com ênfase nas transformações gasosas.

## 2 METODOLOGIA

A sequência foi estruturada de forma a promover a participação ativa dos estudantes em atividades práticas, experimentais e reflexivas, estimulando o desenvolvimento do pensamento científico e da capacidade de investigação. Sendo assim, a proposta está elaborada seguindo uma estrutura coerente e progressiva, que leva em consideração o conhecimento prévio dos alunos, as etapas do método científico e os objetivos de aprendizagem estabelecidos. Para a realização desta proposta foram consideradas as etapas apresentadas por Carvalho (2013) e descritas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Correlação entre as etapas da SEI e atividades propostas.**

<b>Etapas da SEI</b>	<b>Atividades a serem realizadas</b>
Problematização	Apresentação de uma simulação que desperte questionamentos e aplicações sobre a definição de Temperatura.
Planejamento	Os alunos são envolvidos no planejamento da investigação, definindo questões de pesquisa, elaborando hipóteses e pensando em estratégias e procedimentos para coletar dados e realizar experimentos.
Investigação	Realização de um experimento proposto dentro de um roteiro investigativo por meio de uma simulação, incentivando a interpretação dos conceitos.
Comunicação	Compartilhamento das descobertas e conclusões numa roda de conversa, tendo a mediação do professor.
Reflexão	Os alunos são convidados a refletir sobre o processo investigativo, analisando as informações obtidas, comparando com as hipóteses iniciais e identificando possíveis erros, acertos e novos questionamentos.
Sistematização	Consolidação dos conhecimentos construídos ao longo da sequência, por meio da organização e estruturação das informações obtidas, permitindo aos alunos construir conceitos e generalizações mais amplas.
Avaliação	Uso de ferramentas simples para avaliar a compreensão dos conceitos. Sugere-se a utilização de recursos digitais como um quizz, construção de infográfico ou etc.

Fonte: Carvalho (2013).

É importante ressaltar que essas etapas podem variar de acordo com o contexto e

os objetivos da sequência didática, sendo adaptadas e ajustadas conforme necessário.

Durante a sequência didática, os alunos são incentivados a explorar o conteúdo das transformações dos gases ideais por meio de experimentos práticos. Tal experimento se deu de maneira virtual, com um roteiro, onde os alunos podem fazer medições e interpretações de fatos observados e dos dados obtidos. Eles têm a oportunidade de medir temperaturas, analisar escalas de temperatura, investigar a dilatação térmica, a transferência de calor e as mudanças de estado da matéria. Ao envolver os alunos em atividades concretas e desafiadoras, busca-se criar um ambiente propício para que eles construam seus conhecimentos de maneira ativa e autônoma.

Em relação às ferramentas metodológicas desta proposta, destacamos:

- Experimentos práticos: é uma maneira eficaz de explorar o tema das transformações gasosas.
- Material virtual do laboratório virtual da Universidade Federal do Ceará, disponível em <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformacoes-gasosas> que permite a visualização e interação com diferentes processos de transformações gasosas.
- Ferramentas de análise de dados, como planilhas eletrônicas para registrar e organizar os resultados das simulações, permitindo a realização de cálculos e gráficos para compreender as relações entre as variáveis envolvidas.
- Questionários para coletar feedback dos alunos sobre a experiência com as simulações virtuais, identificando aspectos positivos e possíveis dificuldades encontradas.
- Fóruns de discussão para permitir a interação entre os alunos, promovendo a troca de experiências e o esclarecimento de dúvidas sobre as transformações gasosas simuladas.
- Avaliações formativas que incluam questões sobre o conteúdo das simulações virtuais, visando verificar a compreensão dos alunos sobre os processos de transformações gasosas estudados.
- Trabalho em grupo e discussões: promoção de atividades em grupo, como debates e resolução de problemas, onde os alunos possam discutir suas hipóteses, resultados e conclusões sobre diferentes situações relacionadas às transformações gasosas. Essas discussões incentivarão a troca de ideias e o desenvolvimento do pensamento crítico.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A sequência didática elaborada a partir do exposto neste trabalho está descrita no Quadro 2, de forma resumida, apontando apenas os comandos a serem dados pelo

professor para a execução da SEI (Sequência de Ensino Investigativa), utilizando-se o roteiro proposto. O roteiro completo e a versão completa da sequência didática elaborada, estão, respectivamente, nos apêndices A e B, deste trabalho.

### **Quadro 2:** Resumo da Sequência Didática proposta

#### **Resumo da Sequência Didática:**

##### **▪ Objetivos:**

- Desenvolver os conceitos envolvidos nas transformações gasosas e os fenômenos que acontecem durante essas transformações;
- Identificar as diferentes formas de transformação gasosa (compressão, expansão, evaporação, condensação);
- Relacionar as transformações gasosas com o comportamento das partículas dos gases;
- Especificar os tipos de transformações gasosas, como as transformações isobáricas, isotérmicas e isovolumétricas.

##### **▪ Introdução:**

- Apresentar situações problemas para instigar a curiosidade dos alunos;
- Contextualizar o tema com exemplos práticos do dia a dia.

##### **▪ Desenvolvimento:**

- Explorar os conceitos de pressão, volume e temperatura dos gases;
- Utilização de recursos didáticos: simulação experimental e vídeo ilustrativo;
- Realizar experimentos simples para ilustrar as transformações gasosas, como por exemplo: encher um balão e observar o que acontece com ele quando exposto ao sol;
- Trabalhar com as equações dos gases ideais (equação de Clapeyron);
- Trabalhar cada uma das transformações gasosas, suas fórmulas e seus gráficos, fazendo uso da simulação virtual e do roteiro proposto.

#### **4. Atividades práticas:**

- Propor atividades em grupo onde os alunos devem realizar experimentos simples para observar as transformações gasosas, como por exemplo: a utilização de seringas e balões para comprimir e expandir gases;
- Resolver as questões relacionadas aos conteúdos vistos anteriormente.

#### **5. Aplicação:**

- Propor situações do cotidiano para que os alunos identifiquem e compreendam as transformações gasosas, como por exemplo: o ciclo da água e o funcionamento de um gás de cozinha.

#### **6. Avaliação:**

- Aplicar uma avaliação escrita contendo questões sobre os conteúdos abordados na sequência didática;
- Observar a participação dos alunos nos experimentos e atividades práticas (simulação virtual, realizando todo o percurso proposto no roteiro).

#### **7. Fechamento:**

- Finalizar a sequência didática com uma discussão sobre a importância do estudo das transformações gasosas e sua aplicabilidade no cotidiano;
- Revisar os conceitos aprendidos e retomar os exemplos práticos apresentados no início da aula.

Os resultados obtidos na aplicação de sequências didáticas semelhantes a que foi desenvolvida neste estudo, podem ser observados em diferentes aspectos. Em primeiro lugar, percebe-se um maior interesse e engajamento por parte dos alunos durante as aulas sobre as transformações gasosas. A utilização de atividades práticas e experimentos permite que os estudantes vivenciem e compreendam os conceitos de forma mais concreta, despertando a curiosidade e motivando-os a participar ativamente das atividades propostas. No contexto deste trabalho as atividades práticas vivenciadas foram feitas por meio das simulações virtuais, considerando o que já descrito em relação aos vários desafios para tais práticas nas escolas (RORATTO, 2010; BABINSKI, 2017;

MONTEIRO, CASTILHO & SOUZA, 2021).

Além disso, constata-se uma melhora na aprendizagem dos alunos em relação ao conteúdo estudado. Através de abordagens mais interativas, como simulações computacionais e discussões em grupo, os estudantes são estimulados a pensar de maneira crítica e a aprofundar seus conhecimentos sobre o tema. Os resultados de possíveis avaliações podem indicar um aumento significativo na assimilação dos conceitos, demonstrando que a sequência didática proporciona uma melhor compreensão dos princípios fundamentais da temperatura e das transformações gasosas (ALMENARA, 1998; HECKLER, 2004; ANDRADE, 2006).

Outro ponto importante a ser observado é o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos alunos. Durante a sequência didática, podem ser trabalhadas atividades que estimulem o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a interpretação de gráficos e tabelas. Neste estudo, por exemplo, é proposto que os discentes construam os gráficos e façam o contraste dos gráficos construídos com a teoria que foi explorada. Essas habilidades são essenciais para o aprendizado não só dos conteúdos sobre as transformações dos gases, mas também de outras disciplinas e/ou conteúdos, e para a formação geral dos estudantes.

É válido ressaltar que a aplicação de uma sequência didática sobre temperatura e as transformações dos gases no ensino médio pode contribuir para suprir uma lacuna presente no currículo escolar. Muitas vezes, tais conteúdos são abordados de maneira superficial, apenas por meio de explanação oral dos professores, não havendo qualquer atividade experimental e sem explorar seu real significado e importância. Com a sequência didática, por meio de uma atividade experimental, medida por uma simulação virtual, é possível fornecer aos alunos uma base sólida sobre o tema, preparando-os para uma compreensão mais aprofundada das ciências exatas e da própria física.

Por fim, é importante ressaltar que a sequência didática não se limita apenas aos conceitos teóricos de temperatura e das transformações gasosas, mas também aborda aplicações práticas e situações do cotidiano. Isso possibilita aos alunos a compreensão da importância deste conteúdo em diferentes contextos, como a climatização de ambientes, a conservação de alimentos, a geração de energia, entre outros. Isso permite que os estudantes percebam a relevância desse conceito em suas vidas e desenvolvam uma visão mais ampla sobre o tema.

### *3.1 Roteiro utilizado na aplicação da sequência didática*

Uma simulação virtual sobre as transformações gasosas é uma ferramenta útil para os estudantes entenderem e visualizarem as mudanças que ocorrem nos gases. Um roteiro bem elaborado é essencial para garantir a precisão, a replicabilidade e a consistência dos resultados dos experimentos. Ele também ajuda a manter a organização e a eficiência durante a realização dos testes. O roteiro elaborado para a realização da simulação proposta neste trabalho está no apêndice B.

O roteiro utilizado neste trabalho, foi o que está disponível na página da UFC, no endereço <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformacoes-gasosas>. Tal roteiro foi adaptado para as necessidades deste trabalho. Como guia para o trabalho do professor, foi colocado ao término do roteiro proposto, o gabarito, com a resolução dos desafios e os comentários pertinentes a cada item do roteiro.

A simulação consiste em uma representação de um cilindro que pode ser preenchido parcialmente com um gás (dentre 4 opções) nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP). Cada gás tem uma quantidade fixa de moles. Um termômetro digital e um manômetro mostram, respectivamente, a temperatura em °C e a pressão em atm, sendo importante no que diz respeito à aprendizagem do uso de instrumentos de medida, mesmo que sejam aparelhos virtuais.

A simulação permite ao usuário fixar uma das variáveis (Volume, Temperatura ou Pressão) e variar as demais. Ao fixar o volume, a tampa do cilindro trava, a temperatura pode ser alterada e conseqüentemente a pressão se altera. Neste caso é analisada a transformação gasosa do tipo isovolumétrica ou isométrica.

Ao fixar a temperatura, o volume pode ser alterado e conseqüentemente a pressão se altera. A alteração do volume (e da pressão) ocorre devido à colocação de um peso sobre a tampa do cilindro. Ao escolher o volume desejado o peso sobre a tampa do cilindro permanece fixo enquanto o gás evolui para o equilíbrio, neste caso temos o estudo da transformação isotérmica, onde a temperatura é mantida constante.

Ao fixar a pressão, o usuário pode alterar o volume (e conseqüentemente a temperatura) ou a temperatura (e conseqüentemente o volume), nesta parte estuda-se a transformação isobárica, onde a pressão é mantida constante. Na simulação estão indicados os intervalos de variação do volume, da temperatura e da pressão, programados.

No procedimento número 1, é realizada a experimentação da transformação isobárica, neste tipo de transformação gasosa a pressão do sistema permanece constante enquanto ocorre uma variação de volume. Na produção do gráfico dessa transformação, o volume é representado no eixo das abscissas (eixo x) e a temperatura no eixo das

ordenadas (eixo y). Isso leva o estudante a concluir que à medida que o volume aumenta, a temperatura também aumenta, resultando em uma relação linear no gráfico. Dessa forma, a inclinação da reta no gráfico representa a variação do volume em relação à variação da temperatura, sendo a inclinação da reta um indicativo da capacidade térmica do sistema.

No segundo procedimento, é feita a simulação virtual e produção do gráfico da transformação isovolumétrica, este tipo de transformação ocorre quando o volume de um sistema permanece constante, ou seja, não há variação no volume. Isso significa que a pressão e a temperatura do sistema podem mudar, mas o volume permanece inalterado. Com a construção do gráfico  $P \times T$ , objetivamos que o discente conclua que a curva resultante de uma transformação isovolumétrica é uma linha vertical, que mostra a relação entre a pressão e a temperatura do sistema. A inclinação da linha representa a variação da pressão com a temperatura, e o ponto onde a linha corta o eixo das ordenadas representa a pressão inicial do sistema.

No terceiro procedimento, é feita a simulação da transformação isotérmica. Nesse processo, a energia interna do sistema permanece a mesma, enquanto o trabalho realizado no sistema é compensado pelo calor trocado com o ambiente. Na produção do gráfico de uma transformação isotérmica, é necessário representar a pressão (P) em função do volume (V). O gráfico de uma transformação isotérmica é uma curva hiperbólica, onde a área sob a curva representa o trabalho realizado no sistema. Além disso, a equação que descreve a transformação isotérmica é representada pela equação dos gases ideais,  $PV = nRT$ , onde P é a pressão, V é o volume, n é o número de *mols*, R é a constante dos gases e T é a temperatura.

Ao término do roteiro experimental foi incluído o gabarito com todas as informações obtidas na simulação, esse gabarito objetiva servir como um guia para auxiliar os professores que possam fazer uso deste material em sua prática na sala de aula.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta de abordagem das transformações gasosas por meio do ensino por investigação tende a se mostrar bastante proveitosa para os alunos, que podem compreender de forma mais clara e prática os fenômenos que acontecem nas transformações dos gases. O trabalho apresenta também potencial para ajudar os professores de Física do ensino médio, uma vez que a sequência didática investigativa poderá ser reproduzida e colocada em prática por todos os que querem utilizar uma

metodologia diferente da tradicional, adaptando-a às suas próprias peculiaridades, não apenas de sua região, mas de suas escolas, e até mesmo de suas turmas dentro da mesma escola.

Por fim, acredita-se que o ensino das transformações por meio do ensino por investigação é uma metodologia bastante adequada para o ensino de Ciências em geral, uma vez que permite que os alunos aprendam de forma mais significativa e construtiva. Assim sendo, espera-se que essa prática pedagógica possa ser cada vez mais utilizada nas escolas, contribuindo para a formação de alunos mais críticos, criativos e autônomos.

## REFERÊNCIAS

ALMENARA, J. C. **Avaliar para melhorar:** meios e materiais de ensino. In: SANCHO, J. M. (Org.). Para uma tecnologia educacional Para uma tecnologia educacional. Para uma tecnologia educacional, Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 257- 284.

ALMOULOUD, S. A.; COUTINHO, C. D. Q. E. S. **Engenharia Didática:** características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPEd. *REVEMAT: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, Florianópolis, SC, v. 3, p. 62-77, 2008.

ANDRADE, A.M, COSTA, DA, S.S. **O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio.** Revista Experiências em Ensino de Ciências, v.1, n.2, p. 18-29, agosto, 2006.

ARAUJO, I. S. VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. **Modelos computacionais no ensino aprendizagem de física:** um referencial de trabalho. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 2, p. 341–366, 2012. 29

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning.** New York: Grune & Stratton, 1963.

BABINSKI, A. L. **Sequência Didática (SD): experiência da matemática.** 89fls. 2017. (Dissertação Mestrado). Universidade do Estado de Mato Grosso, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas.** In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Ensino de Ciências por investigação:* Condições para implementação em sala de aula. Editora: Cengage Learning, 2013.

CURCINO MONTEIRO, J.; SILVA CASTILHO, W.; ALVES DE SOUZA, W. **Sequência didática como instrumento de promoção da aprendizagem significativa.** *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica, [S. l.], v. 9, n. 01, 2021.* DOI: 10.36524/dect.v9i01.1277. Disponível em:

<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/1277>. Acesso em: 1 dez. 2023.

GONÇALVES, W. **Física: Fundamentos e Aplicações**. Volume Único. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

GUALTER, N.; TOSCANO, J.; HELENE, O. **Tópicos de Física**. Volume 2. 2. ed. São Paulo: FTD, 2019.

HECKLER, V. **Uso de simulações e imagens como ferramentas de ensino/aprendizagem de ótica**. 2004. 228f. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

JUNIOR, F. R.FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os Fundamentos da Física**. Volume 2. 10.ed. São Paulo: Moderna, 2009.

LEITE MARTONI, L. V.; GOMES DE MELO, L.; SPINOLA MACHADO, S. A. . Aplicação de Diagramas V de Gowin como Ferramenta de Avaliação de Aprendizagem em Experimentos Realizados com Simulador Virtual. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 101–130, 2022. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/5025>. Acesso em: 30 out. 2023.

LIMA, J. **Sequência didática para o ensino da termodinâmica**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2689/3/sequenciadidaticaensinotermodinamica\\_produto.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2689/3/sequenciadidaticaensinotermodinamica_produto.pdf)> Acessado em 14/11/2023.

MOREIRA, M. A.. (2021). **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira De Ensino De Física, 43, e20200451. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. **Currículo de Pernambuco: ensino médio**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/RCSEPE.pdf>. Acesso em 11/06/2023.

RORATTO, C; NOGUEIRA, C. M. I.; KATO, L. A. **Indícios de aprendizagem significativa mediante o uso de uma sequência didática fundamentada na história das funções**. V Colóquio de História e Tecnologia no ensino da Matemática, Recife, Brasil, 2010.

SANTOS, O.C., DOS; *et. al.* Processos De Transmissão De Calor: **Uma Abordagem Didática Investigativa No Ensino Fundamental**. *Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 287–308, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/42257>. Acesso em: 20 jun.

2023.

SILVA, A. R., *et al.* (2020). **Uso de simulações virtuais no ensino de Termodinâmica: uma análise das contribuições e desafios.** Revista Práxis Educacional, 16(38), 94-113.

SILVA, P. O. DA, *et. al.* (2018). **Os desafios no ensino e aprendizagem da física no Ensino médio:** Revista Científica Da Faculdade De Educação E Meio Ambiente,9(2), 829–834. <https://doi.org/10.31072/rcef.v9i2.593>

## **APÊNDICE A – Roteiro do experimento**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO UNIDADE  
ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

Roteiro para Prática Experimental

Erivaldo Correia da Silva

## Roteiro para Simulação: TRANSFORMAÇÕES GASOSAS\*

### OBJETIVO

Estudar as diferentes transformações gasosas em um gás ideal.

### MATERIAL

Simulação virtual da Universidade Federal do Ceará, disponível em:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformacoes-gasosas>

Obs.: roteiro baseado no roteiro proposto na página da UFC, para as transformações gasosas, com adaptações para o ensino médio, tendo-se em consideração os objetivos para este trabalho.

### FUNDAMENTOS

#### VARIÁVEIS DE ESTADO DE UM GÁS

Um gás é constituído de partículas (átomos, moléculas, íons) que estão em contínuo movimento desordenado, por isso ocupa sempre o volume total do recipiente que o contém.

A pressão que um gás exerce sobre uma superfície é o efeito causado pelos choques das partículas que o constituem sobre essa superfície.

A temperatura de um gás está relacionada à energia cinética média de translação das partículas que o constituem. A temperatura absoluta de um gás é diretamente proporcional à energia cinética média das partículas.

As variáveis  $V$  (volume),  $p$  (pressão) e  $T$  (temperatura) de uma determinada quantidade de gás são interdependentes, assim, só faz sentido especificar o estado em que se encontra um gás, indicando, pelo menos duas das três grandezas, já que a terceira é função das outras duas; por essa razão, essas variáveis são denominadas *variáveis de estado*.

#### GÁS IDEAL

Foi observado experimentalmente que uma quantidade de gás confinada em um dado volume de modo que sua massa específica seja suficientemente pequena, tende a apresentar uma relação simples entre as variáveis de estado  $V$ ,  $p$  e  $T$ . Isso é aproximadamente verdadeiro para todos os gases, principalmente para baixas pressões e temperaturas do gás distantes do seu ponto de liquefação.

Para valores suficientemente baixos da massa específica, a experiência mostra que:

- Para uma dada massa de gás, mantida a temperatura constante, a pressão varia inversamente com o volume (**Lei de Boyle-Mariotte**).
- Para uma dada massa de gás, mantida a pressão constante, o volume varia diretamente com a temperatura. (**Lei de Charles e Gay-Lussac**).

As duas leis acima podem ser sintetizadas numa única expressão para uma massa fixa de gás:

$$\frac{PV}{T} = \textit{constante} \quad (1)$$

A relação  $\frac{PV}{T}$  é constante para um mol de qualquer gás. Denominando a constante por R (constante universal dos gases), e determinando seu valor experimentalmente, encontramos:

$$R = 0,082 \frac{\textit{atm.L}}{\textit{K.mol}} \quad (2)$$

(o valor numérico da constante R depende das unidades utilizadas)

Para n moles teremos:

$$\frac{PV}{T} = nR \quad (3)$$

Que podemos reescrever como a equação de Clapeyron:

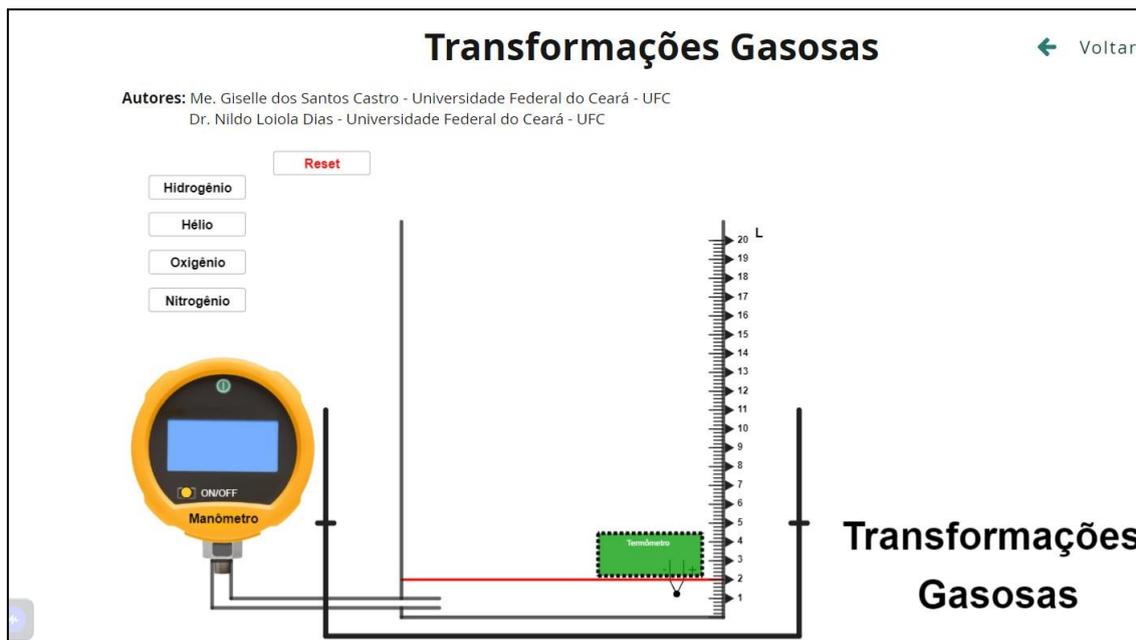
$$PV = nRT. \quad (4)$$

Os resultados experimentais, levaram a idealização de um gás perfeito (chamado de *gás ideal*), que representa uma aproximação excelente ao comportamento dos gases reais, em muitos casos. Então um **gás ideal**, por definição, é aquele que obedece a equação (4) sob quaisquer condições.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Acessar a simulação sobre Transformações Gasosas da UFC, disponível em: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformacoes-gasosas>
- Na Figura 1 temos a tela inicial da simulação Transformações Gasosas. Esta simulação representa um cilindro que pode ser preenchido parcialmente com um gás nas CNTP. Cada um dos 4 gases disponíveis gás tem uma quantidade fixa de moles. Observe que um termômetro digital mostra a temperatura em °C; um manômetro digital mostra a pressão do gás em atm e o volume do gás, em litros, pode ser lido em uma escala na lateral do cilindro.

**Figura 1** - Tela inicial da simulação: Transformações gasosas.

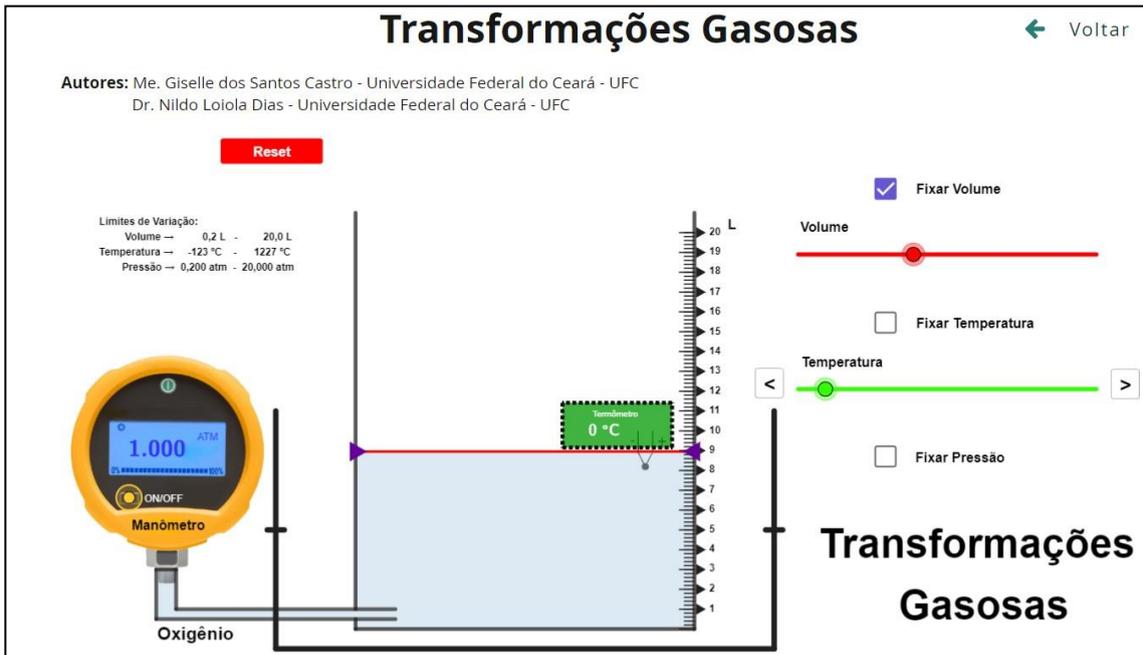


Fonte: site do laboratório virtual da UFC

A simulação permite fixar uma das variáveis (Volume, Temperatura ou Pressão) e variar as demais. Ao fixar o volume da tampa do cilindro trava, a temperatura pode ser alterada e conseqüentemente a pressão se modifica. Ao escolher uma temperatura para o gás, este vai aquecendo (ou resfriando) “lentamente” até atingir a temperatura escolhida pelo usuário. Ao fixar a temperatura, o volume pode ser ajustado e conseqüentemente a pressão se altera. A mudança do volume e da Pressão por conseqüência à colocação de um peso sobre a tampa do cilindro. Ao escolher o volume desejado, o peso sobre a tampa do cilindro permanece fixo enquanto o gás evolui para o equilíbrio. Ao fixar a pressão, o usuário pode alterar o volume, e conseqüentemente a temperatura, ou a temperatura, e conseqüentemente o volume. Na simulação estão indicados os intervalos de variação do volume, da temperatura e da pressão programados.

Na Figura 2 podemos ver a aparência da simulação após escolher o gás Oxigênio e ligar o manômetro. Neste ponto o usuário pode escolher entre: Fixar Volume (inicialmente marcado), Fixar Temperatura ou Fixar Pressão. Caso queira reiniciar ou escolher outro gás, basta clicar em “Reset”.

**Figura 2** – Simulação Transformações Gasosas após escolher Oxigênio e ligar o manômetro.



Fonte: o próprio autor.

### Procedimento 1: **Transformação Isobárica.**

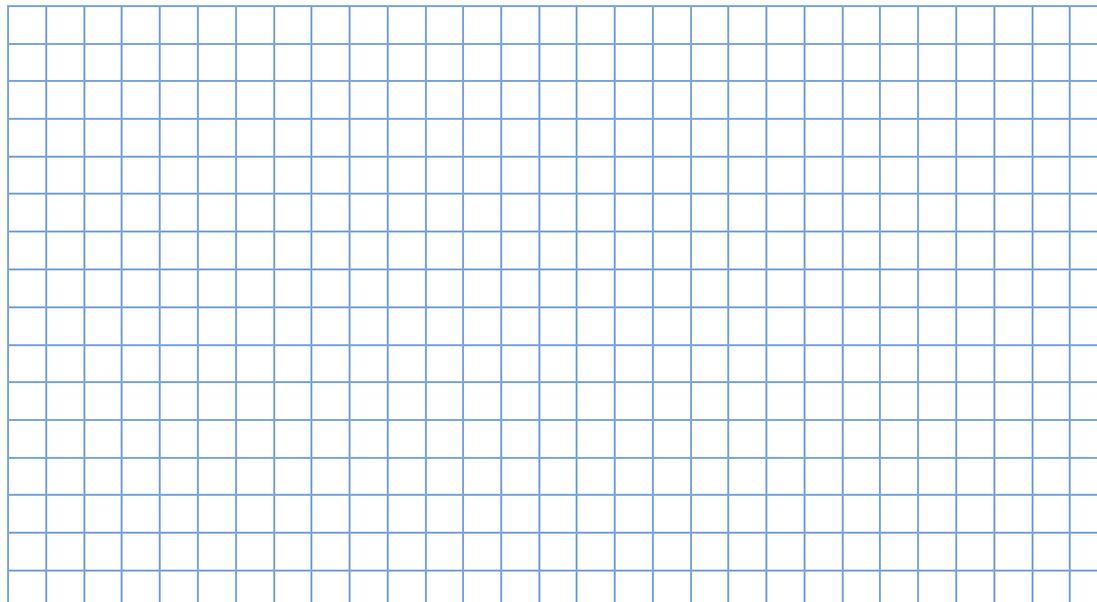
Uma transformação gasosa é chamada de Isobárica se a pressão é mantida constante.

- 1.1 Escolha o gás Nitrogênio.
- 1.2 Ligue o manômetro.
- 1.3 Ajuste a temperatura para 200 °C marque “Fixar Pressão” e anote a pressão:  
 $P = \underline{\hspace{2cm}}$ .
- 1.4 Mantendo a pressão constante, ajuste o volume ou a temperatura de acordo com os valores indicados na Tabela 4 e anote a temperatura e o volume correspondente.
- 1.5 Calcule a temperatura em K, a razão  $V/T$  e o inverso da temperatura em  $1/K$  e anote na Tabela 1.

**Tabela 1** – Resultados para a transformação Isobárica.

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Volume (L)	$V/T$ (L/K)
		2,0	
235			
		11,0	
907			
		17,0	

**1.6 Atividade Prática 1:** Faça o gráfico do volume (V) em função da temperatura absoluta (T) para os dados da Tabela 1.



**Conclusão:** Explique como o gráfico obtido reflete a afirmação abaixo:

“Em um sistema sob pressão contante, observa-se que o volume ocupado por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica.”

---

---

---

**Procedimento 2: Transformação Isométrica ou Isovolumétrica.**

Uma transformação gasosa é chamada de Isométrica ou Isovolumétrica se o volume é mantido constante.

- 2.1 Escolha o gás oxigênio e ligue o manômetro.
- 2.2 Anote o volume,  $V = \underline{\hspace{2cm}}$ . Anote na Tabela 2 a pressão em atm e a temperatura.
- 2.3 Mantendo fixo o volume anotado acima, altere a temperatura como indicado na Tabela 1 e anote os valores de pressão.
- 2.4 Calcule a temperatura em K, a razão P/T e anote na Tabela 1.

**Tabela 2** – Resultados para a transformação Isovolumétrica (9,0 L de Oxigênio).

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Pressão (atm)	p/T (atm/K)
0			

-23			
-73			
60			
227			
727			

2.5 Ainda utilizando o gás oxigênio, ajuste por qualquer processo, o volume para 15 L. Após ajustar em 15 L, marque: “Fixar Volume”.

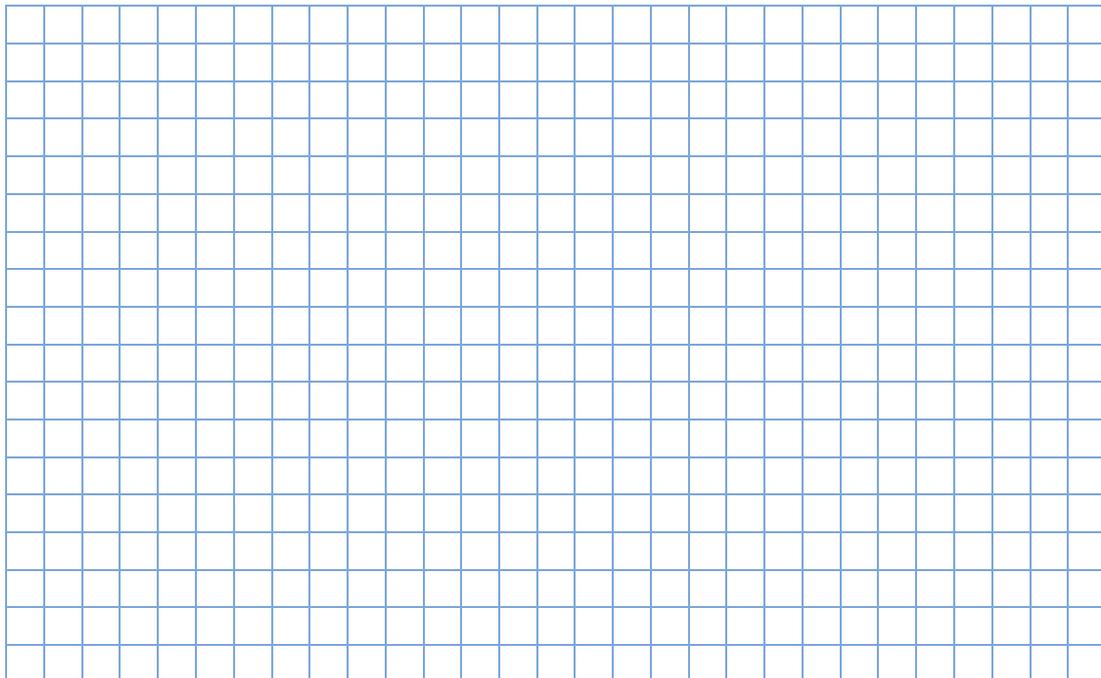
2.6 Mantendo fixo o volume em 15 L, altere a temperatura como indicado na Tabela 2 e anote os valores de pressão.

2.7 Calcule a temperatura em K, a razão P/T e anote na Tabela 2.

**Tabela 3** – Resultados para a transformação Isovolumétrica (15,0 L de Oxigênio).

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Pressão (atm)	P/T (atm/K)
0			
-23			
-73			
60			
227			
727			

2.8 **Atividade prática 2:** Faça o gráfico da pressão (P) em função da temperatura absoluta (T) para os dados das Tabelas 2 e 3.



**Conclusão:** Explique como o gráfico obtido reflete a afirmação abaixo:

“Em um sistema com volume contante, observa-se que a pressão exercida por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica.”

---

---

---

### Procedimento 3: **Transformação Isotérmica.**

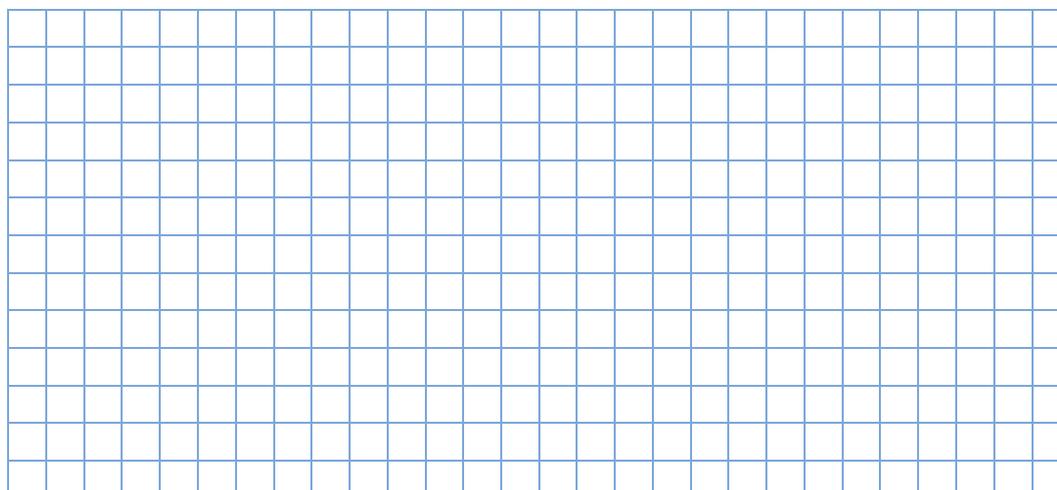
Uma transformação gasosa é chamada de Isotérmica se a temperatura é mantida

- 3.1 Pressione “Reset” e escolha o gás Hélio.
- 3.2 Ligue o manômetro.
- 3.3 Ajuste a temperatura para 200 °C, marque “Fixar Temperatura” e anote a pressão e o volume na Tabela 4.
- 3.4 Mantendo a temperatura constante em 200 °C, ajuste o volume para os valores indicados na Tabela 3 e anote a pressão. OBS: Ao variar o volume, a simulação faz um ajuste no controle deslizante da temperatura; isso não altera a temperatura.

**Tabela 4** – Resultados para a transformação Isotérmica (gás Hélio).

Volume (L)	Pressão (atm)	1/V (L <sup>-1</sup> )	p.v (atm.l)
5,0			
3,4			
2,5			
2,0			

- 3.5 **Atividade prática 3:** Faça o gráfico da pressão (P) em função do volume (V) para os dados da Tabela 4.



**Conclusão:** Explique como o gráfico obtido reflete a afirmação abaixo:

“Em um sistema fechado em que a temperatura é mantida constante, verifica-se que determinada massa de gás ocupa um volume inversamente proporcional à sua pressão.”

---

---

---

**Procedimento 4: Determinação do número de moles de um gás**

- 4.1 Pressione “Reset” e escolha o gás Hidrogênio.
- 4.2 Ligue o manômetro.
- 4.3 Ajuste na simulação valores aleatórios das variáveis: pressão e temperatura, dado valor do volume constante igual a 8 L. Anote na Tabela 5.
- 4.4 Ajuste na simulação valores aleatórios das variáveis: volume e temperatura, dado valor da pressão constante igual a 1 atm. Anote na Tabela 6.
- 4.5 Ajuste na simulação valores aleatórios das variáveis: pressão e volume, dado valor da temperatura constante igual a 25 °C. Anote na Tabela 7.
- 4.6 Calcule a temperatura em K e o valor de PV/T. Anote na Tabela 5, 6 e 7.
- 4.7 Calcule o número de moles de Hidrogênio utilizado na simulação e anote na Tabela 5.

**Tabela 5** – Resultados para a determinação do número de moles do Hidrogênio, dado o Volume Constante

Volume (L)	Pressão (atm)	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	PV/T (atm.L/K)	Número de moles
8					
8					
8					
8					
8					

**Tabela 6** – Resultados para a determinação do número de moles do Hidrogênio, dada a Pressão Constante

Volume (L)	Pressão (atm)	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	PV/T (atm.L/K)	Número de moles
	1,00				
	1,00				
	1,00				
	1,00				
	1,00				

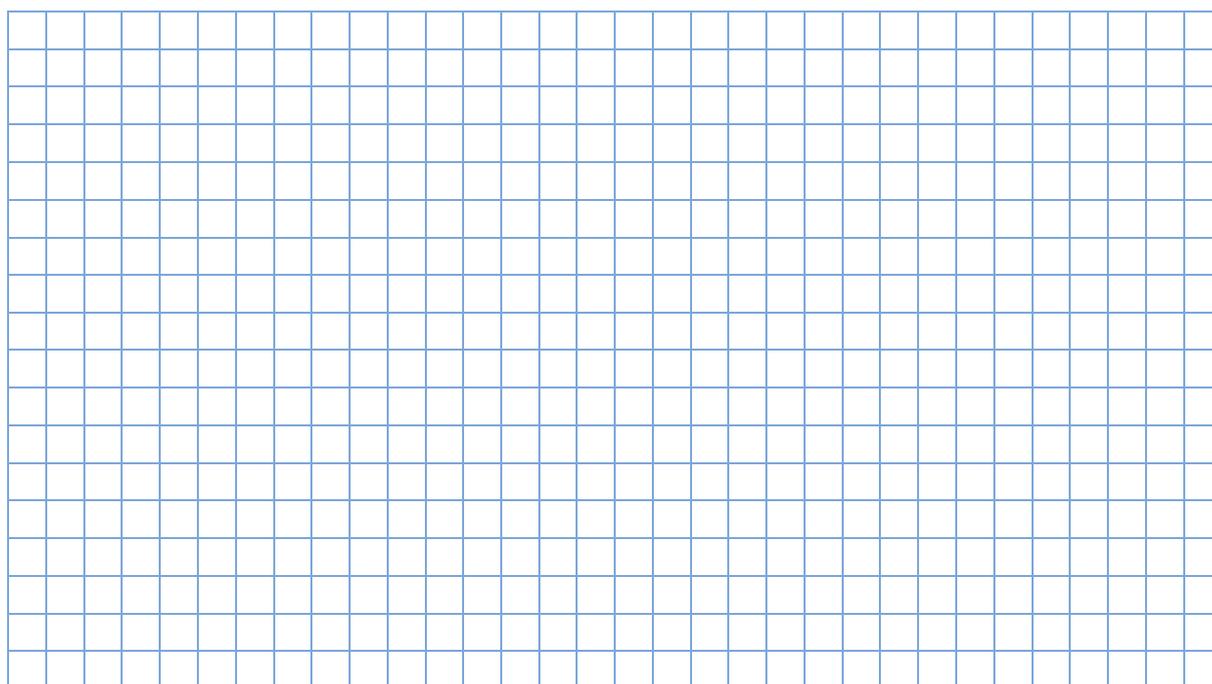
**Tabela 7** – Resultados para a determinação do número de moles do Hidrogênio, dada a Temperatura Constante

Volume (L)	Pressão (atm)	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	PV/T (atm.L/K)	Número de moles
		25			
		25			
		25			
		25			
		25			

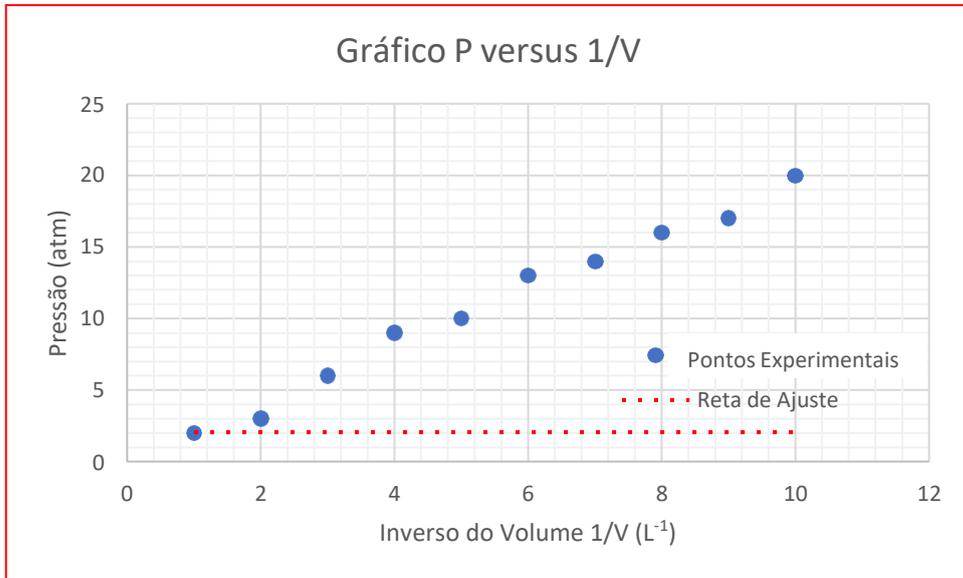
**4.6 Atividade prática 4:** Determine o número de moles (média dos resultados) da amostra de Hidrogênio considerada na simulação.

### APROFUNDAMENTO

- a) Faça o gráfico da pressão (P) em função do inverso do volume (1/V) para os dados da Tabela 4.

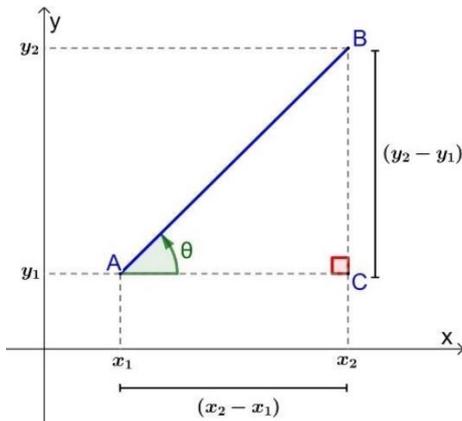


- b) No gráfico acima, trace uma reta que se ajuste aos pontos, conforme a figura abaixo.



- c) Calcule a inclinação da reta. Para isso defina um triângulo tomando dois pontos da reta traçada, conforme a imagem abaixo. Sendo  $a$ , a inclinação da reta, obtemos  $a = \operatorname{tg}\theta$ . Assim, tem-se que:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



Cálculo do valor de  $a$ :

- d) A partir do valor encontrado para  $a$  no item anterior, e sabendo que a equação dos gases ideais é dada por  $PV = nRT$ , e que podemos linearizar o gráfico da transformação isotérmica, podendo reescrevê-la na forma de uma equação linear.

$$P = \frac{nRT}{V}$$

E a partir do gráfico, tem-se que:

$$P = a \times \frac{1}{V}$$

Então:

$$a = nRT$$

A partir do valor de  $a$  calculado no item (c), obtenha o valor de  $n$  (número de mols). Esta é uma obtenção experimental dessa grandeza.

### GABARITO DO ROTEIRO EXPERIMENTAL

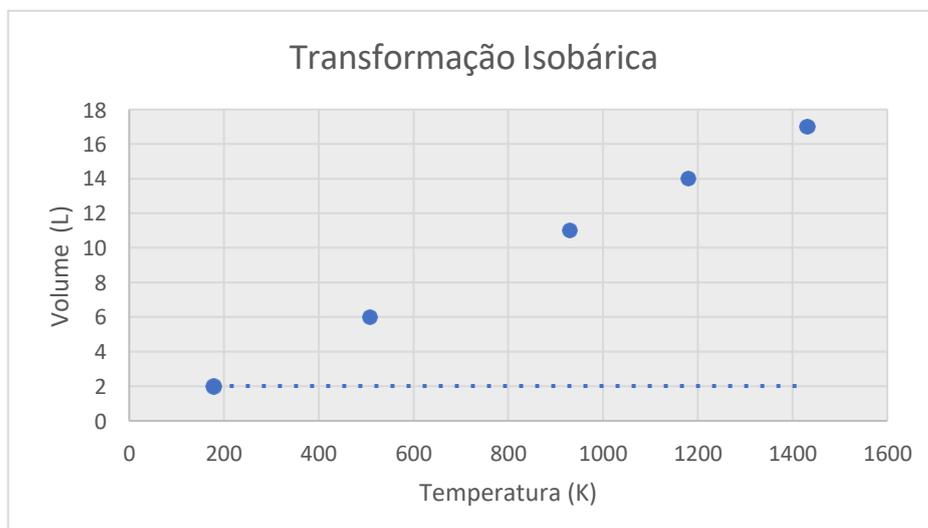
Procedimento 1: **Transformação Isobárica.**

Ajuste a temperatura para 200 °C marque “Fixar Pressão” e anote a pressão:

$P = 1,732 \text{ atm.}$

**Tabela 1** – Resultados para a transformação Isobárica.

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Volume (L)	V/T (L/K)
-95	178,15	2,0	0,011
235	508,15	6,0	0,011
657	930,15	11,0	0,011
907	1180,15	14,0	0,011
1158	1431,15	17,0	0,011



Em todos os gráficos de transformações isobáricas, obtemos uma reta, pois o volume varia proporcionalmente com a temperatura e vice-versa.

Observa-se que o volume e a temperatura aumentaram proporcionalmente e que a relação V/T deu o mesmo valor em todos os casos, ou seja, é uma constante. Com base nisso, podemos representar essa relação também da seguinte forma:

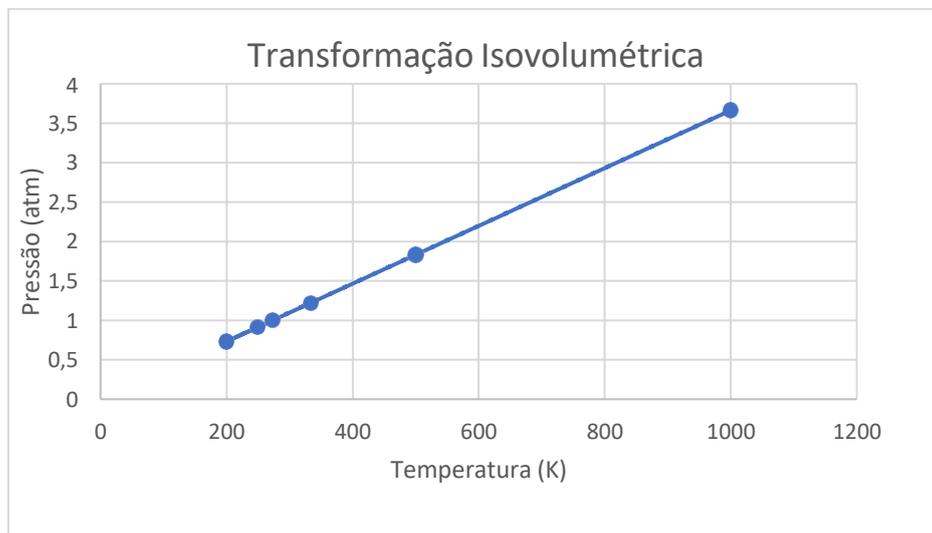
$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_F}{T_F}$$

### Procedimento 2: Transformação Isométrica ou Isovolumétrica.

Anote o volume,  $V = 9 \text{ L}$ . Anote na Tabela 2 a pressão em atm e a temperatura.

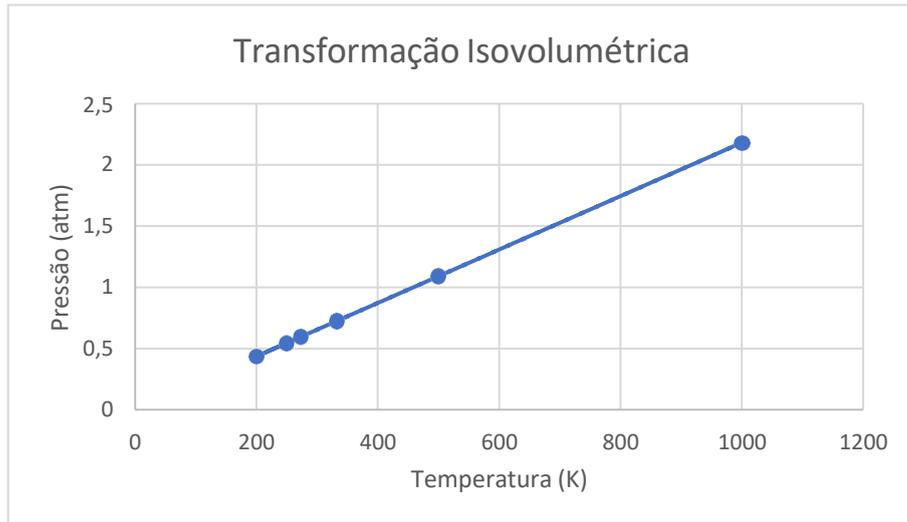
**Tabela 2** – Resultados para a transformação Isovolumétrica (9,0 L de Oxigênio).

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Pressão (atm)	P/T (atm/K)
0	273,15	1,00	$3,6 \times 10^{-3}$
-23	250,15	0,916	$3,6 \times 10^{-3}$
-73	200,15	0,733	$3,6 \times 10^{-3}$
60	333,15	1,220	$3,6 \times 10^{-3}$
227	500,15	1,832	$3,6 \times 10^{-3}$
727	1000,15	3,663	$3,6 \times 10^{-3}$



**Tabela 3** – Resultados para a transformação Isovolumétrica (15,0 L de Oxigênio).

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Pressão (atm)	p/T (atm/K)
0	273,15	0,595	$2,17 \times 10^{-3}$
-23	250,15	0,545	$2,17 \times 10^{-3}$
-73	200,15	0,436	$2,17 \times 10^{-3}$
60	333,15	0,726	$2,17 \times 10^{-3}$
227	500,15	1,090	$2,17 \times 10^{-3}$
727	1000,15	2,181	$2,17 \times 10^{-3}$



Duas grandezas são diretamente proporcionais quando o quociente entre elas é igual a uma constante. Assim, matematicamente, temos:

$$\frac{P}{T} = k$$

Verifica-se que isso é verdade, ao observar dados obtidos em transformações isovolumétricas que estão listados na tabela e colocados no gráfico.

Percebe-se que a pressão aumenta proporcionalmente com o aumento da temperatura na escala kelvin (não pode ser em outra escala termométrica). Além disso, a relação P/T sempre resulta no mesmo valor, ou seja, é uma constante. Se colocarmos esses valores em um gráfico, obteremos uma reta, como mostrado antes.

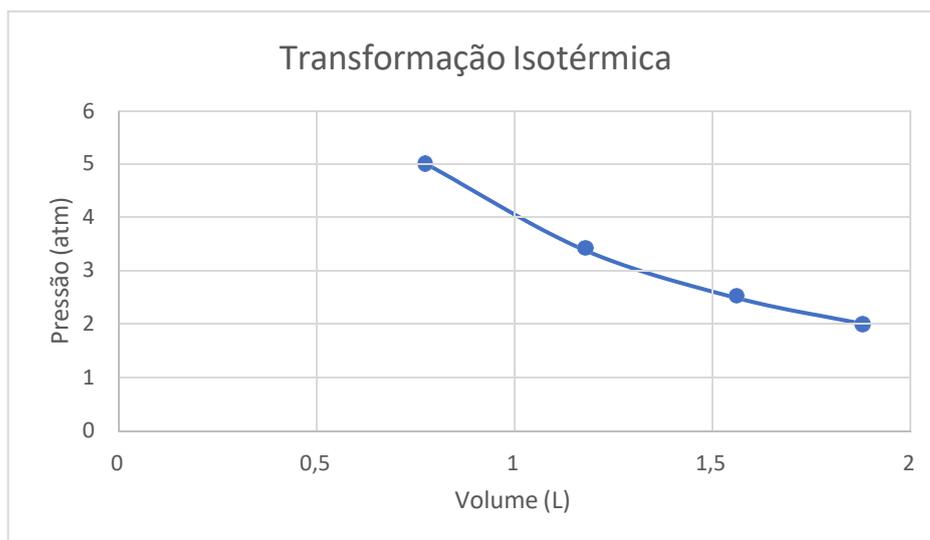
Visto que o valor do quociente da pressão pela temperatura sempre dá o mesmo valor, podemos estabelecer a seguinte relação matemática:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_F}{T_F}$$

### Procedimento 3: Transformação Isotérmica.

**Tabela 4** – Resultados para a transformação Isotérmica (gás Hélio).

Volume (L)	Pressão (atm)	1/V (L <sup>-1</sup> )	P.V (atm.L)
5,0	0,780	0,2	3,9
3,4	1,176	0,29	3,99
2,5	1,558	0,4	3,89
2,0	1,884	0,5	3,76



Sabemos que o volume e a pressão são inversamente proporcionais e, matematicamente, isso quer dizer que o produto (resultado da multiplicação) entre essas duas grandezas é igual a uma constante. Por isso, temos:

$$P \cdot V = k$$

Se a pressão for aumentada o dobro, o volume diminuirá pela metade. Se a pressão for aumentada o triplo, o volume diminuirá um terço e assim sucessivamente.

Os dados da tabela e do gráfico nos leva à outra relação matemática:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Essa relação pode ser usada quando ocorre alguma variação da pressão com um gás e queremos descobrir qual foi a variação do volume, por exemplo, ou vice-versa.

Se voltarmos ao exemplo anterior, observa-se que o resultado foi uma hipérbole, que é chamada de isoterma. O gráfico de transformações isotérmicas sempre resulta em hipérboles, e não em retas. Diferentes temperaturas resultam em diferentes hipérboles.

**Procedimento 4:** Determinação do número de moles de um gás.

Obs.: Para este item o gabarito pode ser diferente para cada valor aleatório atribuído às grandezas volume, pressão e temperatura.

**Atividade prática 4:** Determine o número de moles (média dos resultados) da amostra de Hidrogênio considerada na simulação.

A média do número de moles será aproximadamente igual a:

$$0,112 + 0,121 + 0,120 + 0,120 + \frac{0,119}{5} = 0,1184$$

## APÊNDICE B – Sequência Didática

A sequência didática elaborada a partir do exposto neste trabalho, está abaixo descrita:

### Sequência Didática Investigativa sobre as Transformações Gasosas por meio de uma simulação virtual

#### 1. Objetivos da Sequência didática

- Desenvolver os conceitos envolvidos nas transformações gasosas e os fenômenos que acontecem durante essas transformações;
- Identificar as diferentes formas de transformação gasosa (compressão, expansão, evaporação, condensação);
- Relacionar as transformações gasosas com o comportamento das partículas dos gases;
- Especificar os tipos de transformações gasosas, como as transformações isobáricas, isotérmicas e isovolumétricas.

#### 2. Introdução

- Apresentar uma situação problema para instigar a curiosidade dos alunos.
- Contextualizar o tema com exemplos práticos do dia a dia.

Tome-se, como exemplo, que sirva de gatilho para iniciar a sequência, as situações descritas a seguir ou algo parecido:

1. Quando você coloca uma panela de água no fogo, a água começa a ferver e se transforma em vapor. Como isso acontece?
2. Uma lata de refrigerante ou cerveja que está fechada e exposta ao calor pode se expandir e até mesmo estourar devido ao aumento da pressão interna causada pela transformação do líquido em gás.
3. Um balão de gás hélio pode murchar com o tempo, à medida que o gás se difunde através das paredes do balão e se transforma em um estado mais disperso.
4. Quando uma pessoa respira, o oxigênio entra nos pulmões e é absorvido pelo sangue, transformando-se em gás carbônico que é expirado para o ambiente.

5. Durante a produção de cerveja ou refrigerante, a carbonatação ocorre quando o dióxido de carbono é adicionado ao líquido, formando bolhas de gás que permanecem suspensas no líquido.

6. A condensação é o processo de transformação do vapor de água em gotas líquidas, como pode ser observado quando o vapor se acumula e forma nuvens no céu.

### 3. Desenvolvimento:

- Explorar os conceitos de pressão, volume e temperatura dos gases.
- Utilização de recursos didáticos: simulação experimental e vídeo ilustrativo

#### Conceitos a serem trabalhados:

**Pressão:** A pressão de um gás é a força exercida pelas moléculas do gás ao colidirem com as paredes do recipiente que as contém. Quanto maior for a velocidade e o número de colisões das moléculas, maior será a pressão do gás.

**Temperatura:** A temperatura de um gás está relacionada com a energia cinética das moléculas. Quanto maior for a temperatura, maior será a energia cinética e, conseqüentemente, maior será a velocidade das moléculas.

**Volume:** O volume de um gás está relacionado com o espaço ocupado pelas moléculas. Quanto maior for o volume do recipiente que contém o gás, maior será o espaço disponível para as moléculas se moverem, o que pode afetar a pressão e a temperatura do gás.

- Realizar experimentos simples para ilustrar as transformações gasosas, como por exemplo: encher um balão e observar o que acontece com ele quando exposto ao sol.
- Trabalhar com as equações dos gases ideais (equação de Clapeyron).

As três variáveis de estado dos gases inter-relacionam-se da seguinte forma:

$$\frac{P \cdot V}{T} = k$$

O “k” é uma constante, mas o seu valor dependerá da quantidade de mols ou de matéria

do gás que estamos trabalhando. Desse modo, temos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = n \cdot K$$

Por exemplo:

- Para 1 mol de gás, temos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = 1 \cdot K$$

- Para 2 mols de gás, temos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = 2 \cdot K$$

- Para 3 mols de gás, temos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = 3 \cdot K$$

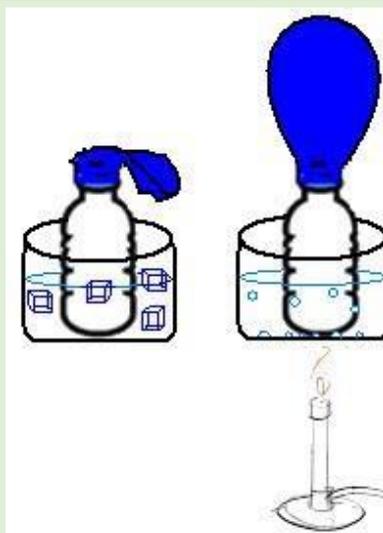
e assim por diante.

- Trabalhar cada uma das transformações gasosas, suas fórmulas e seus gráficos, fazendo uso da simulação virtual e do roteiro proposto.

### **Transformação Isobárica**

Na transformação isobárica, a variável que permanece constante é a pressão (P), já a temperatura e o volume variam.

Imagine que coloquemos uma bexiga vazia na boca de uma garrafa PET. Se mergulharmos essa garrafa em um recipiente com água quente, a bexiga inflará. Por outro lado, se colocarmos a garrafa em contato com água gelada, a bexiga murchará.



Experimento de balão na garrafa para demonstrar a relação entre temperatura e volume

Nesse experimento, a pressão manteve-se constante, mas quando aumentamos a temperatura (água quente), o volume da mistura gasosa (ar) dentro da garrafa PET também aumentou, ou seja, expandiu-se e fez o balão inflar. O contrário aconteceu quando diminuimos a temperatura (água gelada), isto é, a mistura gasosa contraiu-se e o volume ocupado por ela diminuiu.

Esse é um exemplo de transformação isobárica e mostra-nos o seguinte:

*“Em um sistema sob pressão constante, observa-se que o volume ocupado por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura*

Essa lei é conhecida por primeira lei de Charles e Gay-Lussac, pois ela foi inicialmente observada em 1787 pelo físico francês Jacques Charles (1746-1823) e, em 1802, foi quantificada pelo químico francês Joseph Gay-Lussac (1778-1850).

Essa quantificação mostrou que se aumentarmos a temperatura para o dobro do seu valor inicial, o volume também aumentará exatamente o dobro, e se diminuirmos pela metade a temperatura, o volume ocupado pelo gás também diminuirá a metade. É importante ressaltar que isso só vale se a temperatura for a termodinâmica, isto é, na escala Kelvin.

Isso acontece porque o aumento da temperatura eleva também a energia cinética das moléculas ou átomos do gás, o que faz com que elas se movimentem ainda mais rapidamente, expandindo o volume. Mas quando a temperatura diminui, as partículas constituintes do gás movimentam-se mais lentamente, e o gás contrai-se.

Sempre que duas grandezas são diretamente proporcionais, matematicamente temos que a razão entre elas é igual a uma constante:

$$\frac{V}{T} = k$$

Para verificar se isso é verdade, realizar o **procedimento número 1** do roteiro disponível para a simulação virtual.

Após realizar a atividade da simulação virtual, percebe-se que em todos os gráficos de transformações isobáricas, obtemos uma reta, pois o volume varia proporcionalmente com a temperatura e vice-versa.

Observe que o volume e a temperatura aumentaram proporcionalmente e que a relação  $V/T$  deu o mesmo valor em todos os casos, ou seja, é uma constante. Com base nisso, podemos representar essa relação também da seguinte forma:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_F}{T_F}$$

Mostrar o vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=s3\\_nUOMFQuU](https://www.youtube.com/watch?v=s3_nUOMFQuU), que demonstra a transformação isobárica, na prática.

### **Transformação Isométrica/isovolumétrica/isocórica**

A transformação isocórica, também chamada de isovolumétrica ou isométrica, é um tipo de transformação gasosa em que se mantém o volume constante e ocorre a variação da temperatura e da pressão.

Por exemplo, imagine uma lata do tipo spray. Em seu rótulo é dito que não se deve incinerá-la. Por que não podemos fazer isso? Bem, se aumentarmos a temperatura da latinha por queimá-la, os resíduos de gases que ainda restam dentro dela causarão uma maior pressão e ela explodirá.

Esse caso é um exemplo de transformação isocórica, pois o volume dentro da lata manteve-se contante, mas a temperatura foi elevada, o que causou um aumento na pressão também. Isso acontece porque o aumento da temperatura aumenta a energia cinética média das partículas, fazendo com que elas se movimentem em uma velocidade maior e expandam-se. Porém, como o volume não aumenta, pois ele está constante,

essas partículas colidem ainda mais com as paredes do recipiente, causando uma maior pressão.

Por outro lado, se a temperatura abaixar, as partículas constituintes dos gases movimentar-se-ão mais devagar e, com isso, a pressão também diminuirá.

Esse tipo de transformação gasosa foi estudado de forma independente pelos cientistas Jacques Alexandre César Charles (1746-1823) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850). Eles chegaram à seguinte conclusão, que é conhecida como segunda lei de Charles e Gay-Lussac:

Duas grandezas são diretamente proporcionais quando o quociente entre elas é igual a uma constante. Assim, matematicamente, temos:

*“Em um sistema com volume contante, observa-se que a pressão exercida por determinada massa fixa de gás é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica.”*

Para verificar como isso é verdade, veja os dados obtidos em transformações isovolumétricas que estão disponíveis no roteiro para a simulação virtual, **procedimento número 2.**

Após a realização do procedimento verifica-se que a pressão aumenta proporcionalmente com o aumento da temperatura na escala kelvin (não pode ser em outra escala termométrica). Além disso, a relação P/T sempre resulta no mesmo valor, ou seja, é uma constante. Se colocarmos esses valores em um gráfico, obteremos uma reta.

Visto que o valor do quociente da pressão pela temperatura sempre dá o mesmo valor, podemos estabelecer a seguinte relação matemática:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_F}{T_F}$$

Mostrar o vídeo disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=qYVVr8\\_MIVM](https://www.youtube.com/watch?v=qYVVr8_MIVM)

### **Transformação Isotérmica**

A transformação isotérmica ocorre quando um gás, em condições ideais, sofre variação na sua pressão e no seu volume, mas a temperatura permanece constante. A

palavra isotérmica vem do grego, em que iso significa “igual”, e thermo significa “calor”, ou seja, “calor igual”, o que dá a entender que a temperatura não muda.

O primeiro cientista que estudou esse tipo de transformação gasosa foi o físico e naturalista inglês Robert Boyle (1627-1691), no ano de 1662. Mais tarde, em 1676, o físico francês Edme Mariotte (1620-1684) repetiu os experimentos de Boyle e divulgou-os na França, dando crédito também a Boyle. Assim, a conclusão a que se chegou com esses experimentos foi enunciada na forma de uma lei, que ficou conhecida como Lei de Boyle, ou como Lei de Boyle-Mariotte, que diz o seguinte:

*“Em um sistema fechado em que a temperatura é mantida constante, verifica-se que determinada massa de gás ocupa um volume inversamente proporcional à sua pressão.”*

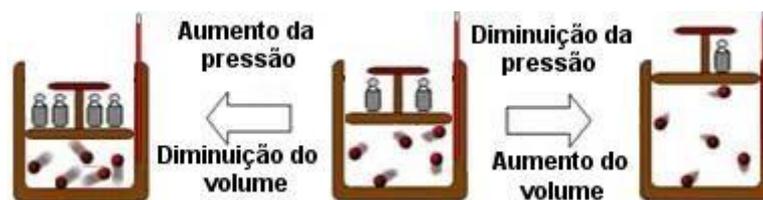
Por exemplo, imagine-se segurando uma seringa e enchendo-a de ar por puxar o seu êmbolo. Depois você coloca o dedo na saída do ar e aperta o êmbolo da seringa. Ao empurrar o êmbolo, você está aumentando a pressão sobre a mistura gasosa (ar) que está aprisionada dentro da seringa. Conseqüentemente, pode-se perceber que o volume ocupado pelo ar diminui. O contrário também é verdadeiro, ao puxar o êmbolo, diminuindo a pressão, o volume ocupado pelo ar aumenta.



**Quanto mais se aperta o êmbolo (da direita para a esquerda), maior é a pressão e menor é o volume ocupado pelo gás dentro da seringa.**

Experimento com seringa para demonstrar transformação isotérmica

Isso ocorre porque os gases possuem uma propriedade muito interessante, que é a compressibilidade, sendo que suas moléculas ou partículas podem expandir-se ou se comprimir, ocupando o volume do recipiente, conforme a pressão diminui ou aumenta.



Esquema de transformação isotérmica em que a temperatura é mantida constante, mas a pressão e o volume variam

Assim, sabemos que o volume e a pressão são inversamente proporcionais e, matematicamente, isso quer dizer que o produto (resultado da multiplicação) entre essas duas grandezas é igual a uma constante. Por isso, temos:

$$P \cdot V = k$$

Se a pressão for aumentada o dobro, o volume diminuirá pela metade. Se a pressão for aumentada o triplo, o volume diminuirá um terço e assim sucessivamente. Vamos considerar um exemplo para ver como isso é realmente verdade. Realize o **procedimento número 3** do roteiro disponível para a simulação virtual.

Observe que o produto  $P \cdot V$  em todos os casos dará exatamente o mesmo valor, ou seja, é uma constante. Isso nos leva à outra relação matemática:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Essa relação pode ser usada quando ocorre alguma variação da pressão com um gás e queremos descobrir qual foi a variação do volume, por exemplo, ou vice-versa.

Se voltarmos ao exemplo dado (procedimento 3 do roteiro) e colocarmos os resultados em um gráfico que relaciona a pressão e o volume em temperatura constante,

Mostrar o vídeo disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ghWhIVgySKo>

teremos como resultado, o gráfico será uma hipérbole, que é chamada de isoterma. O gráfico de transformações isotérmicas sempre resulta em hipérbolas, e não em retas. Diferentes temperaturas resultam em diferentes hipérbolas.

#### 4. Exercícios práticos:

- Resolver questões relacionadas aos conteúdos vistos anteriormente.

#### Transformação Isobárica

(UnB-DF) Um volume igual a 30 mL de gás metano a 25°C é aquecido a 35°C, à pressão constante. Calcule o novo volume do gás.

#### Solução:

Dados:

$$T_{\text{inicial}} = 25^{\circ}C + 273 = 298\text{ K}$$

$$T_{\text{final}} = 35^{\circ}C + 273 = 308\text{ K}$$

$$V_{\text{inicial}} = 30\text{ mL}$$

$$V_{\text{final}} = ?$$

Aplicando na fórmula, temos:

$$V_{\text{inicial}} = V_{\text{final}}$$

$$\frac{T_{\text{inicial}}}{T_{\text{final}}}$$

$$\frac{30}{298} = \frac{V_{\text{final}}}{308}$$

$$V_{\text{final}} = \frac{30 \cdot 308}{298}$$

$$V_{\text{final}} = 31\text{ mL}$$

Esse é o volume novo ocupado pelo gás com o aumento da temperatura.

#### Transformação Isométrica/isovolumétrica/isocórica

(UFF-RJ) Num recipiente com 12,5 mL de capacidade, está contida certa amostra gasosa cuja massa exercia uma pressão de 685,0 mmHg, à temperatura de 22°C. Quando esse recipiente foi transportado com as mãos, sua temperatura elevou-se para 37°C e a pressão exercida pela massa gasosa passou a ser, aproximadamente:

a) 0,24 atm

c) 0,95 atm

e) 2,00 atm

b) 0,48 atm

d) 1,50 atm

**Solução:**

$$\begin{aligned} V &= \text{constante em } 12,5 \text{ mL} \\ T_i &= 22^\circ\text{C} + 273 = 295 \text{ K} \\ T_f &= 37^\circ\text{C} + 273 = 310 \text{ K} \\ P_i &= 685,0 \text{ mmHg} \\ P_f &=? \end{aligned}$$

Aplicando esses valores na fórmula, temos:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \rightarrow \frac{685,0}{295} = \frac{P_f}{310}$$

$$P_{\text{final}} = \frac{685,0 \cdot 310}{295}$$

$$P_{\text{final}} = 719,83 \text{ mmHg}$$

Agora vamos passar a pressão para atm:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ atm} \text{ --- --- --- } 760 \text{ mmHg} \\ x \text{ --- --- --- --- --- } 719,83 \text{ mmHg} \end{array}$$

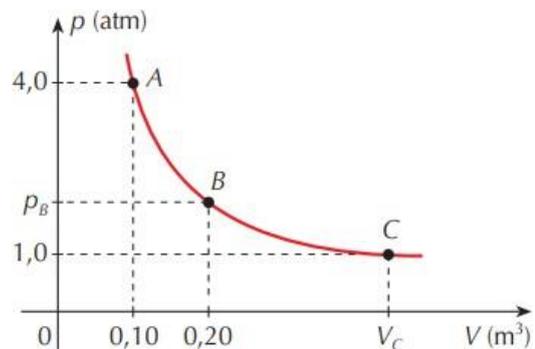
$$x = \frac{719,83 \text{ mmHg} \cdot 1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}$$

$$x \approx 0,95 \text{ atm.}$$

**A alternativa correta é a letra "c".**

**Transformação Isotérmica**

O gráfico representa uma transformação isotérmica de certa quantidade de gás ideal e três estados intermediários A, B e C dessa massa gasosa. Usando os dados apresentados, determine a pressão correspondente ao estado B e o volume correspondente ao estado C.



Fonte: Fundamentos da Física, vol. 2

**Solução:**

Tratando-se de uma transformação isotérmica,

vale a lei de Boyle, isto é, o produto da pressão  $P$  pelo volume  $V$  permanece constante durante o processo. Então:

$$P_A V_A = P_B V_B$$

Substituindo os valores dados no gráfico ( $P_A = 4,0 \text{ atm}$ ,  $V_A = 0,10 \text{ m}^3$  e  $V_B = 0,20 \text{ m}^3$ ), vem:

$$4,0 \cdot 0,10 = p_B \cdot 0,20$$
$$P_B = 2,0 \text{ atm}$$

Observe que a pressão se reduz à metade do valor inicial e o volume correspondente dobra, o que se justifica pelo fato de que pressão e volume são grandezas inversamente proporcionais. Aplicando-se novamente a lei de Boyle entre os estados A e C, teremos:  $P_A V_A = P_C V_C$ .

A pressão em C vale:  $P_C = 1,0 \text{ atm}$ . Substituindo, vem:

$$4,0 \cdot 0,10 = 1,0 \cdot V_C$$
$$V_C = 0,40 \text{ m}^3$$

Observe novamente a proporcionalidade inversa entre a pressão e o volume. Enquanto a pressão reduz-se à quarta parte do valor inicial ( $P_C = \frac{1}{4} P_A$ ), o volume quadruplica

$$V_C = 4 V_A$$

( $V_C = 4V_A$ ).

Respostas: 2,0 atm e 0,40 m<sup>3</sup>

### 5. Aplicação:

- Propor situações do cotidiano para que os alunos identifiquem e compreendam as transformações gasosas, como por exemplo: o ciclo da água e o funcionamento de um gás de cozinha.

### 6. Avaliação:

- Aplicar uma avaliação escrita contendo questões sobre os conteúdos abordados na sequência didática.  
- Observar a participação dos alunos nos experimentos e atividades práticas (simulação virtual, realizando todo o percurso proposto no roteiro).

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Calcule a variação de volume sofrida por um gás ideal que ocupa inicialmente o volume de 10 l a 127 °C, quando sua temperatura se eleva isobaricamente para 327 °C.
2. A tabela mostra como varia o volume V de certa quantidade de um gás ideal em função da temperatura absoluta T.

a) Determine o tipo de transformação que o gás está sofrendo.

b) Trace o gráfico correspondente a essa transformação, colocando, em ordenadas, os valores do volume, e em abscissas, os valores correspondentes da temperatura absoluta.

Volume (cm <sup>3</sup> )	Temperatura (K)
10	50
15	75
30	150
40	200
90	450

Fonte: Fundamentos da Física, vol. 2

3. (Faap-SP) Um recipiente que resiste até a pressão de  $3,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  contém gás perfeito sob pressão  $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  e temperatura  $27^\circ\text{C}$ . Desprezando a dilatação térmica do recipiente, calcule a máxima temperatura que o gás pode atingir.

4. Num certo processo, a pressão de determinada quantidade de gás perfeito varia com a temperatura absoluta, como mostra a tabela.

a) Determine o tipo de transformação que o gás está sofrendo.

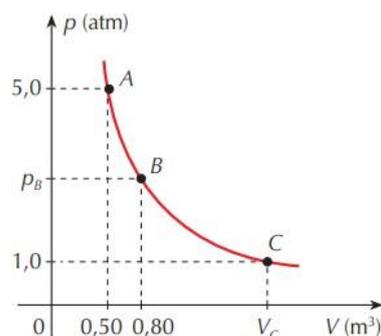
b) Trace o gráfico correspondente a essa transformação, colocando, em ordenadas, os valores da pressão, e em abscissas, os valores correspondentes da temperatura absoluta.

Pressão (atm)	Temperatura (K)
1,0	250
3,0	750
3,5	875
4,0	1.000
4,5	1.125

Fonte: Fundamentos da Física, vol. 2

5. O gráfico representa a isoterma de certa massa de um gás ideal que sofre uma transformação a temperatura constante.

Com base nos valores informados no gráfico, determine a pressão correspondente ao estado B e o volume correspondente ao estado C.



Fonte: Fundamentos da Física, vol. 2

## 7. Fechamento:

- Finalizar a sequência didática com uma discussão sobre a importância do estudo das transformações gasosas e sua aplicabilidade no cotidiano.
- Revisar os conceitos aprendidos e retomar os exemplos práticos apresentados no início da aula.