



**ENERGIA ATRAVÉS DE UMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR ENTRE
FÍSICA E QUÍMICA**

CRISTINA EVARISTO SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

2019

SUMÁRIO

Aos Professores de Física e Química	02
O Trabalho Interdisciplinar	04
Sugestão de Uso	05
Parte 1: Energia e os alimentos	07
Aula 1 (primeiro momento): Escolha do Objeto de Estudo: O desafio	07
Aula 1 (segundo momento): Concepções Prévias: O rumo dos trabalhos	07
Aula 2: Planejando a Investigação: O passo a passo	09
Aula 3: Fundamentação Teórica: Buscando respostas	12
Aula 4: Fundamentação Teórica: Novos conhecimentos	16
Aula 5: Fundamentação Teórica: Finalmente o calor!	19
Aula 6: Voltando aos Alimentos: As perguntas em aberto	27
Aula 7: Atividade Manipulativa: O experimento corrobora as informações?	29
Aula 8: Concluindo a Investigação: Fechando os trabalhos	32
Parte 2: Energia e os gases	37
Aula 1 (primeiro momento): Escolha do Objeto de Estudo: O desafio	37
Aula 1 (segundo momento): Concepções prévias: O rumo dos trabalhos	38
Aula 2: Planejando a Investigação: Os primeiros passos	39
Aula 3: Buscando as Respostas: Variáveis de estado de um gás	44
Aula 4: Atividade Manipulativa: Finalmente o hidrogênio!	50
Aula 5 (primeiro momento): Aplicando os Conhecimentos: A troca de ideia	56
Aula 5 (segundo momento): Concluindo a Investigação: Fechando os Trabalhos	56
Considerações Finais	62
Referências	63

Aos Professores de Física e Química

Dominar uma ciência como a Física e a Química não é uma tarefa fácil. Cada uma delas, embora nos revele os segredos da natureza, exige conceitos de matemática e habilidades como interpretação, raciocínio e abstração. Para explorar estas disciplinas, mesmo que de forma isolada, é preciso mais que conhecimento, é preciso perícia, experiência e destreza do professor.

A educação se mostra como processo que evolui ao longo do tempo e a interdisciplinaridade passa a ser uma exigência do ensino atual. O docente, figura fundamental nesse processo de ensino aprendizagem, deve ser capaz, de transitar entre as disciplinas de sua área de conhecimento de forma natural e espontânea.

Assim, este material apresenta-se com o objetivo de fornecer uma proposta didática voltada a este novo contexto de educação. Dividido em duas partes, baseadas no tema *Matéria e Energia*, procura respaldar os docentes da área de Ciências da Natureza para seus primeiros passos frente ao quadro educacional que se descortina.

Os conceitos expostos e discutidos nos experimentos são essenciais para a plena compreensão das práticas. Eles devem ser vastamente debatidos pelos professores antecipadamente para que o aluno possa acompanhar com entendimento tudo que se passa durante o procedimento, inclusive prevendo possíveis resultados ou fontes de erro.

As discussões, presentes em cada experimento, objetivam proporcionar uma visão ampla dos fenômenos estudados para que tanto o professor de Física quanto o de Química possam estabelecer a permeabilidade entre essas disciplinas. Os exercícios também foram selecionados para uma abordagem interdisciplinar, haja vista que todos exigem um conhecimento global desses componentes.

As atividades levam os alunos a refletir sobre a experiência vivida, se os objetivos foram alcançados, se há fonte de erros, diferentes formas de realizar o experimento, se existe a possibilidade de adaptação em caso de falta de material ou reagente, tudo sempre elaborado de forma a promover um pensamento crítico e desenvolver o raciocínio e as diversas habilidades.

Outros artifícios como vídeos, textos e simuladores vão auxiliar no desenvolvimento da metodologia proposta.

Desta forma, o presente material tem por finalidade estabelecer uma sinergia entre as disciplinas de Física e Química e servir de base conceitual para os respectivos professores,

tornando-os receptivos e amigáveis ao trabalho em conjunto. Através de uma sequência de ensino passível de abordagem interdisciplinar visa-se possibilitar a estes profissionais uma prática docente planejada e sincronizada em torno do tema supracitado.

Contudo espera-se um bom aproveitamento deste material e que ele possa desempenhar um papel norteador para outros trabalhos interdisciplinares entre a Física e a Química.

O Trabalho Interdisciplinar

O dia a dia da sala de aula, conquanto seja vivido por várias pessoas, é uma rotina um tanto isolada e solitária. Cada professor atua individualmente em sua classe, se reencontrando com os colegas apenas nos intervalos e as grades de horários formam uma cadeia de celas imaginárias sem brechas para troca de ideias.

Desta forma, o docente é esmagado pela ausência de um período de planejamento, de atualização e até de espaço, individuais e/ou coletivos, dado que o emaranhado da grade não possibilita afastamento (nem mesmo para formação).

Este produto didático propõe um trabalho em conjunto, uma maneira de otimizar o tempo tanto do professor de Física quanto do professor de Química, de modo que ambos possam abordar os conteúdos de suas respectivas disciplinas, sem fugir do plano de ensino, sem necessitar de aulas extras, sem desrespeitar a grade de horários da instituição.

A sugestão de uso detalhada a seguir é que os docentes explorem o conteúdo de forma natural, cada um em sua aula, porém de maneira síncrona, ressonante e conjunta. Os recursos podem ser divididos ou até utilizados pelos dois professores, pois as possibilidades, além daquelas recomendadas, são várias, como será visto.

Por outro lado, caso o trabalho em conjunto não seja possível por qualquer razão, é concebível ainda a abordagem individual, dentro de uma das duas disciplinas mencionadas acima ou, para o 9º ano, nas aulas de Ciências. Neste caso o profissional da educação deverá se encarregar de todas as etapas sugeridas, sem prejuízo algum para o processo.

De qualquer modo, este produto didático tem muito a oferecer haja vista seus inúmeros recursos e possibilidades de uso do mesmo, propiciando uma excelente prática pedagógica para aqueles que o utilizarem.

Sugestão de Uso

O conteúdo desse texto trata apenas de sugestões que, dependendo da necessidade, tempo, materiais, ou do contexto geral, podem ser adaptadas e modificadas. Acreditamos na eficácia da *sequência de ensino investigativa*, metodologia dinâmica que evidencia o aluno como protagonista, ativo e participativo na sua própria aprendizagem, em oposição às metodologias tradicionais, nas quais os conceitos são transferidos ao estudante, que os utiliza para solucionar os problemas. Em uma sequência de ensino investigativa o início do estudo reside na resolução de um desafio (GAROFALO, 2018; DEMO, 1998; MORAES e CARVALHO, 2018; ZOMPERO e LABURU, 2011; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; CARVALHO, 2013).

Outrossim, o exame preliminar das ideias espontâneas dos alunos tem por objetivo fornecer um norte ao professor no momento da seleção de procedimentos e estratégias de ensino. Conhecer o campo de trabalho é fundamental à prática pedagógica e, além das informações essenciais relativas ao perfil do aluno e do ambiente escolar, o estudo profundo dos conceitos preexistentes dos educandos é ainda mais importante para o processo de ensino, pois é também uma forma de acompanhar o desenvolvimento cognitivo do mesmo. Assim, o professor pode partir das ideias espontâneas para construir seu programa de ensino, sem a pretensão de substituí-las ou extingui-las, mas sim reformá-las e elevá-las até o patamar de conhecimento científico.

Para tanto, esta sequência de ensino inicia-se pela investigação sobre as concepções prévias dos alunos a respeito do Calor e os Alimentos (**Parte 1**) e de Energia e os Gases (**Parte 2**). Essas ideias espontâneas devem ser reconhecidas na primeira aula e servir de indicadores em uma escala de conhecimento para que se possa acompanhar seu progresso. O docente deverá apurar os possíveis pensamentos equivocados e utilizá-los como “placas de velocidade” que indicarão em quais momentos se deve seguir de forma mais morosa e detalhada para corrigir os erros conceituais, ou quando é possível aumentar a taxa de evolução conceitual.

A proposta de investigação começa pelo desafio, por uma pergunta ou um problema a ser resolvido. O professor deve guiar os alunos através das diferentes formas de pesquisa para chegar à solução. Nesse processo o educando vai adquirindo e consolidando novos conhecimentos.

A sequência de ensino investigativa requer, além da pesquisa, atividades manipulativas, desta maneira, o auge é, sem dúvida, o dia do experimento. Nesta aula todo cuidado é pouco. É preciso lembrar aos alunos regras de segurança e solicitar um trabalho consciente e com atenção. Esta etapa é focada na execução, ou seja, nas habilidades manuais, na criatividade, na visualização dos fenômenos, na anotação de pontos importantes. Tudo é relevante e deve-se tomar nota para uso posterior.

A aula de discussão, isto é, a aplicação das chamadas *Atividades a partir do Experimento* é de suma importância como recapitulação. Essas questões são totalmente voltadas ao conteúdo e têm função de interligar todas as abordagens e recursos utilizados até então, bem como responder ao desafio proposto no início. Os professores devem explorar detalhadamente estas atividades com os alunos, promovendo a participação, as discussões e aproveitando este momento para eliminar possíveis lacunas conceituais existentes.

Para o fechamento e avaliação, serão utilizados os *Exercícios sobre os Conceitos Abordados*, que permitem que os alunos apliquem todas as competências adquiridas. Nesta fase, os professores devem estar atentos às respostas, pois estas irão revelar as possíveis falhas no processo de ensino.

Conforme exposto anteriormente, este texto trata apenas de uma sugestão de abordagem dos recursos aqui contidos, sendo que o professor pode ficar à vontade para modificar a estrutura de aplicação como bem lhe convir.

É necessário ainda mencionar que as equações tratadas neste material utilizam pontos como indicativo de multiplicação objetivando evidenciar e facilitar a compreensão das operações matemáticas desenvolvidas.

Parte 1: Energia e os alimentos

Aula 1 (primeiro momento): **Escolha do Objeto de Estudo:** O desafio

Para o estudo de *energia* de forma interdisciplinar estabeleceu-se um desafio bastante presente no cotidiano dos alunos. A proposta é responder *De onde e de que maneira vem a energia para nosso corpo funcionar?*

- ★ Professor: Lance um problema para seus alunos: *De onde e de que maneira vem a energia para nosso corpo funcionar?*

Ao dar sequência a esta investigação o aluno irá desenvolver não só a compreensão do conceito de energia, como de muitos outros conhecimentos como temperatura, por exemplo, que devem da mesma forma, ser considerados.

Para dar início a pesquisa parte-se das informações da embalagem. Na maioria das situações de nosso dia a dia os alimentos que consumimos são processados, isto é, chegam até nós embalados e rotulados. Essas embalagens contêm dados fundamentais para responder ao desafio proposto.

- ★ Professor: Solicite aos alunos que tragam, na próxima aula, uma embalagem (ou rótulo) vazia de algum alimento. Esta embalagem deve conter a *Tabela de Informação Nutricional*.

Aula 1 (segundo momento): **Concepções Prévias:** O rumo dos trabalhos

O que os estudantes já sabem sobre calor? Há alguma confusão intelectual a respeito de calor, energia e temperatura? Para um bom trabalho didático é preciso levar em consideração as ideias alternativas dos alunos, ou seja, suas concepções prévias, conceitos de senso comum preexistentes que podem interferir na forma como se dará a assimilação de novos conhecimentos.

Além disso, esta etapa configura-se de vital importância para o planejamento das aulas seguintes tendo em vista que o docente deverá identificar os pontos frágeis (aqueles onde há

erros conceituais) para potencializar o ensino de determinadas unidades com o objetivo de corrigi-los ou observar a existência de bases científicas apropriadas, e assim, possivelmente utilizá-las como alavanca para a continuação da sequência.

O objetivo desta aula é reconhecer o campo de atuação e analisar as respostas obtidas para enfatizar ou não determinados tópicos. As definições de temperatura, energia e calor são fundamentais para a compreensão integral do tema abordado. Desta forma, se houver algum tipo de confusão conceitual, será preciso dispensar maior atenção a estes temas durante a sequência de ensino, a fim de corrigir qualquer equívoco conceitual.

★ **Professor**: Promova uma discussão coletiva baseada nas questões relacionadas abaixo. Anote algumas respostas no quadro.

- a. O que é calor? (abordado na aula 5)
- b. O que é energia? (abordado na aula 4)
- c. Como o calor pode ser útil no dia a dia? (abordado na aula 5)
- d. Como a energia é fornecida ao nosso corpo? (abordado na aula 7)
- e. Como gerar calor? (abordado na aula 5)
- f. O que é temperatura? (abordado na aula 3)
- g. Qual a diferença entre calor, energia e temperatura? (abordado na aula 8)
- h. Quais fenômenos o calor pode provocar em um corpo? (abordado na aula 5)

A partir das respostas, o docente já poderá visualizar a sequência de ensino a seguir como uma trilha a ser percorrida, na qual deve-se demorar mais ou menos em certos momentos (aulas). A última questão em especial, exige um saber profundo e, por conta disso, uma habilidade adquirida somente nas etapas finais.

Aula 2: Planejando a Investigação: O passo a passo

Deve-se em primeiro lugar conhecer as informações básicas, logo, para executar esta introdução, consulta-se a Tabela de Informação Nutricional, como a mostrada na Figura 01 para análise dos dados contidos e resolução do exercício a seguir.

Informação Nutricional / Información Nutricional		
Porção de / Porciones 30 g (5 biscoitos / 5 galletas)		
Quantidade por porção / Cantidad por porción		%VD(*)
Valor energético	164kcal = 688kJ	8
Carboidratos / Carbohidratos	19 g	6
Proteínas / Proteínas	1,0 g	1
Gorduras totais / Grasas totales	9,4 g	17
Gorduras saturadas / Grasas saturadas	2,1 g	9
Gorduras trans / Grasas trans	2,6 g	**
Fibra alimentar / Fibra alimentaria	0 g	0
Sódio / Sodio	47 mg	2

*% VALORES DIÁRIOS COM BASE EM UMA DIETA DE 2000 KCAL OU 8400 KJ / VALOR DIÁRIO BASADO EN UNA DIETA DE 2000 KCAL O 8400 KJ. SEUS VALORES DIÁRIOS PODEM SER MAIORES OU MENORES DEPENDENDO DE SUAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS / SUS VALORES DIÁRIOS PUEDEN SER MAYORES O MENORES SEGUN SUS NECESIDADES ENERGÉTICAS. ** VD NÃO ESTABELECIDO / VD NO ESTABLECIDO

Figura 01: Tabela de Informação Nutricional de um *wafel* com destaque para o valor energético. (DUCHEN, 20--).

★ Professor: Peça que os alunos tentem responder (no caderno) as perguntas abaixo, tomando como base as informações contidas na embalagem.

Para que a investigação siga uma sequência lógica, as seguintes questões devem ser levantadas/discutidas e respondidas:

1. Qual a massa total (ou volume, dependendo do tipo de alimento) do conteúdo da embalagem?
2. O que é uma “porção”? Quantas porções há na embalagem?
3. Qual a energia gerada pela ingestão de todo conteúdo da embalagem?
4. Qual o fator de conversão de energia de *Kcal* para *KJ*, segundo a embalagem?

5. Segundo a sugestão da Tabela, a ingestão de toda a embalagem estaria acima, abaixo ou é igual a necessidade diária (considerando só o valor energético)?
6. Você sabe quantas calorias deve ingerir diariamente?
7. Como o alimento fornece energia ao corpo? Como o fabricante determina os valores de energia?

Essas respostas serão diferentes entre eles e vão depender do tipo de alimento que cada aluno escolher. Segue exemplo (Figura 02) de onde buscar e como responder à questão 1.



Figura 02: Exemplo de embalagem de alimento: *wafer* de chocolate (COSTA, 2011).

Quanto à questão 2, pode-se dizer que uma porção é uma quantidade previamente determinada de alimento, utilizada pelo fabricante para executar os testes e medidas que estarão contidos na Tabela de Informação Nutricional.

Já na questão 3 é necessário desenvolver o seguinte raciocínio utilizando as informações obtidas na embalagem:

Informação Nutricional		
Porção de 32g (4 unidades)		
Quantidade por porção		
		%VD*
Valor Energético	112Kcal = 483KJ	7
Carboidratos	18,9g	7
Proteínas	1,4g	3
Gorduras Totais	3,5g	7
Gorduras Saturadas	2,1g	7
Gorduras Trans	0g	-
Fibra Alimentar	1,4g	7
Sódio	70mg	3

*%Valores Diários com base em uma dieta de 2000Kcal ou 8400KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Figura 03: Destaque das informações contidas na embalagem para responder à questão 3 (COSTA, 2011).

$$32 \text{ g} = 112 \text{ Kcal}$$

$$150 \text{ g} = x$$

$$x = 525 \text{ Kcal}$$

É provável que a partir da questão 3 os estudantes encontrem dificuldades para responder (a análise da pesquisa de concepções prévias poderá corroborar essa inferência). Neste momento o docente convida a turma a iniciar uma investigação lançando recursos que viabilizem a obtenção de conhecimento.

Ainda que os alunos não consigam responder estas perguntas, é preciso ler atentamente cada uma delas para saber o que se deve buscar. É interessante, da mesma maneira, discutir estas questões, ainda que de forma coloquial e despretensiosa, para que a turma vá se habituando a termos como “caloria”, “joule” e “Valor Energético”.

Aula 3: **Fundamentação Teórica:** Buscando respostas

O objetivo desta aula é levar o educando a construir o conhecimento científico, com ajuda dos simuladores virtuais, a fim de responder ao desafio da aula anterior. Para tanto será preciso lançar mão do Simulador de Estados Físicos.

★ Professor: Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html

no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

Temperatura

- Após acessar o endereço mencionado acima, os alunos devem anotar a marcação no medidor {2} e, em seguida, para aquecer o material dentro do recipiente, conforme Figura 04 movimentando o pino para cima {1};

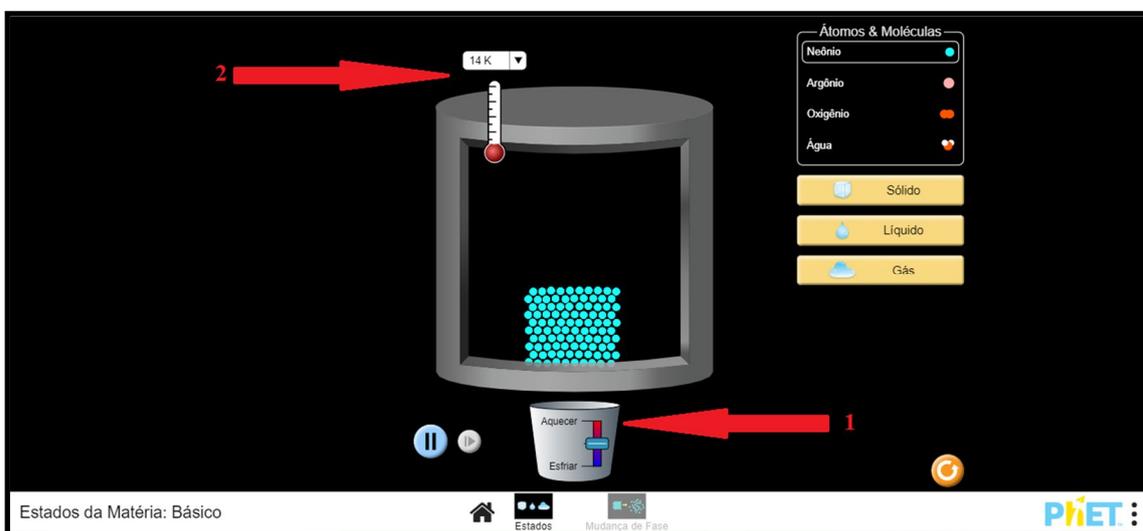


Figura 04: Simulador de Estados Físicos no início da simulação com destaque do termômetro e da fonte de energia.

- O segundo passo é observar o que mudou no sistema em relação às moléculas e a temperatura (ver Figura 05).

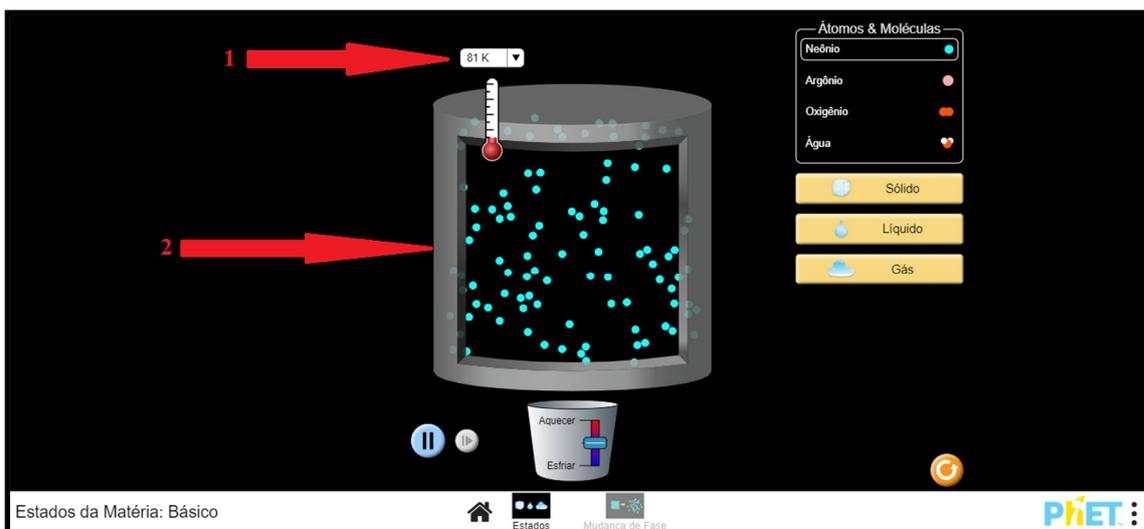


Figura 05: Simulador de Estados Físicos após aquecimento: os átomos encontram-se mais agitados.

- ★ **Professor:** Chame a atenção da turma para a velocidade que as moléculas adquiriram depois do aquecimento {2} e o quanto o nível da coluna de mercúrio se elevou no mostrador {1}. Os alunos devem perceber também que nem todas as partículas têm a mesma velocidade, sendo que algumas estão mais rápidas e outras nem tanto.

A partir de agora já é possível estabelecer a relação de “Quanto maior a velocidade das moléculas, maior o nível de mercúrio na coluna”. Outra definição importante é que o equipamento contendo um bulbo e uma coluna preenchidos com mercúrio e corante vermelho é conhecido como termômetro.

As unidades de medida de temperatura mais importantes neste momento são Kelvin (unidade do Sistema Internacional de Medidas) e o Celsius (unidade utilizada no Brasil). O botão destacado na Figura 06 alterna entre estas duas unidades mostradas pelo termômetro.

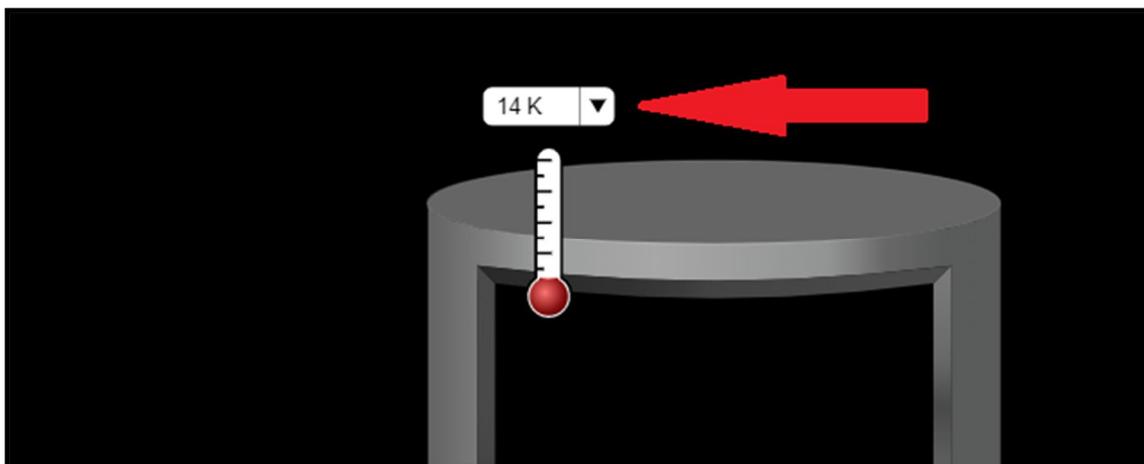


Figura 06: Simulador de Estados Físicos com destaque para a forma de como alterar a unidade de medida de temperatura.

O conceito de temperatura é de suma importância tanto para Física quanto para Química tendo em vista que os fenômenos, as reações, as transformações são diretamente influenciadas por esta variável e deve ser explorado com muito cuidado. Espera-se então que a classe, a partir das observações do simulador e das discussões, chegue ao seguinte conceito: *A temperatura é a medida do grau médio de vibração ou agitação do conjunto de moléculas que constituem um corpo e está sujeita a um limite inferior, o zero da escala Kelvin, chamado também de zero absoluto.*

É considerada uma propriedade intensiva, ou seja, não depende da quantidade de amostra, e compõe também uma das variáveis de estado de um gás, como será investigado na **Parte 2** deste Produto Didático. Porém, ainda mais importante, a temperatura é a grandeza que define a direção na qual a energia flui na forma de calor, conforme veremos a seguir (aula 5). Um fator relevante acerca do fenômeno observado no Simulador é que este se dá a pressão constante.

Para contextualizar e finalizar esta aula, sugerimos a abordagem do vídeo indicado abaixo que explora conceitos de vibração, solidez e fogo, como exercício de fixação.

VÍDEO 01: Aprendiz de Feiticeiro (2010)

★ Professor: Assista o vídeo disponível no link

<https://youtu.be/WiccYa0siJc> e peça que os alunos reflitam sobre como o personagem Balthazar define fogo. Compare com a definição de temperatura.

Quando o personagem fala “forçamos as vibrações a irem mais rápido” revela que o fogo ocorre através do atrito entre as moléculas. A temperatura é a medida da média destas vibrações.

Aula 4: **Fundamentação Teórica:** Novos conhecimentos

O objetivo desta aula é, a partir do conhecimento de temperatura e suas unidades de medida, definir energia, suas unidades de medida, reconhecer suas fontes e sua relação com a temperatura. Para tanto será necessário continuar utilizando o Simulador da aula anterior.

★ **Professor:** Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

Energia

- Após acessar o simulador, clique na aba “Sistemas de Energia” {1};
- Ative os Símbolos de Energia {2};
- Troque a torneira por uma bicicleta {3};
- Acione o cursor para movimentar a bicicleta e deixe rodar {4}.

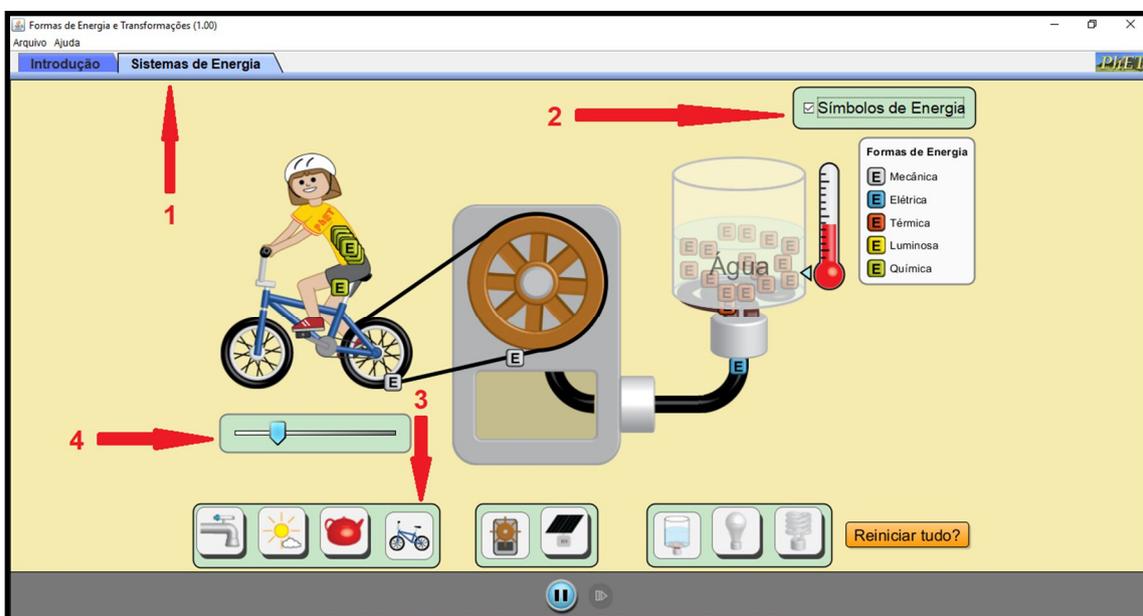


Figura 07: Utilizando o Simulador Formas de Energia com destaque para as etapas do procedimento.

- ★ Professor: Peça para os alunos estabelecerem uma relação entre a quantidade de energia e a temperatura notando o que ocorre com o recipiente de água a medida que este recebe energia.

Os estudantes, a seu tempo, devem inferir que *quanto maior a quantidade de energia, maior também será a temperatura, mas que são grandezas diferentes.*

Verificando o movimento causado pela bicicleta e lembrando conceitos do primeiro ano do Ensino Médio, a turma deve concluir que a energia pode ser definida como *a capacidade de um corpo, substância ou sistema físico de realizar Trabalho* e pode se manifestar de inúmeras maneiras. Sendo assim, realizar um movimento como pedalar consome energia, o que faz com que após certo tempo surja a solicitação “Alimente-me”, ilustrada na Figura 08 abaixo:



Figura 08: Imagem da menina do Simulador pedindo mais energia após certo tempo pedaland.

A energia pode apresentar-se sob várias formas como *mecânica, potencial, cinética e térmica*, e converter-se igualmente em outras tantas. Para verificar isso basta trocar as entradas, conversores e saídas, conforme mostra a Figura 09:



Figura 09: Possíveis variações de conjuntos de entrada, conversor e saída de energia.

- ★ Professor: Volte ao questionário inicial e peça a turma que, a partir do que foi discutido até então, responda a questão 4.

A convenção é que 1 *caloria* é o equivalente a 4,1 *Joules*. Logo, para os dados desta embalagem, devemos dividir o valor da energia dado em *Joules* (688) por aquele dado em calorias (164) que nos permite chegar ao mesmo fator de 4,1. Essas energias encontram-se em *Valor Energético* da *Tabela de Informação Nutricional*. Veja Figura 10:

Informação Nutricional / Información Nutricional		
Porção de / Porciones 30 g (5 biscoitos / 5 galletas)		
Quantidade por porção / Cantidad por porción		%VD(*)
Valor energético	164kcal = 688kJ	8
Carboidratos / Carbohidratos	19 g	6
Proteínas / Proteínas	1,0 g	1
Gorduras totais / Grasas totales	9,4 g	17
Gorduras saturadas / Grasas saturadas	2,1 g	9
Gorduras trans / Grasas trans	2,6 g	**
Fibra alimentar / Fibra alimentaria	0 g	0
Sódio / Sodio	47 mg	2

*% VALORES DIÁRIOS COM BASE EM UMA DIETA DE 2000 KCAL OU 8400 KJ / VALOR DIÁRIO BASADO EN UNA DIETA DE 2000 KCAL O 8400 KJ. SEUS VALORES DIÁRIOS PODEM SER MAIORES OU MENORES DEPENDENDO DE SUAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS / SUS VALORES DIÁRIOS PUEDEN SER MAYORES O MENORES SEGUN SUS NECESIDADES ENERGETICAS ** VD NÃO ESTABELECIDO / VD NO ESTABLECIDO

Figura 10: Tabela de Informação Nutricional de um *wafer*. Destaque do Valor Energético para cálculo da questão 4. (DUCHEN).

Das inúmeras unidades de medida de energia interessam somente a Caloria (*cal*) e o Joule (*J*), sendo a conversão dada por:

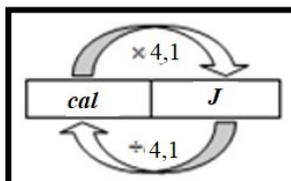


Figura 11: Conversão das duas principais unidades de medida de energia. (Autoria própria).

Aula 5: **Fundamentação Teórica:** Finalmente o calor!

Calor

O conceito de calor não é tão trivial, já enganou até o mais famoso dos químicos (veja o quadro **LEGAL!** adiante ainda nesta aula). Para alcançá-lo partimos novamente do mesmo simulador da aula anterior, seguindo os passos descritos na Figura 12.

★ Professor: Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes

no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

- Continue na aba “introdução” {1};
- Ative os “Símbolos de Energia” {2};
- Coloque o recipiente com água sobre o suporte {3};
- Adicione um termômetro a água {4};
- Adicione um termômetro ao tijolo {5};
- Leve o conjunto (tijolo + termômetro) até o suporte {6};
- Aqueça o recipiente com água por alguns segundos movimentando o marcador para cima {7};
- Resfrie o tijolo movimentando o marcador para baixo {8}.

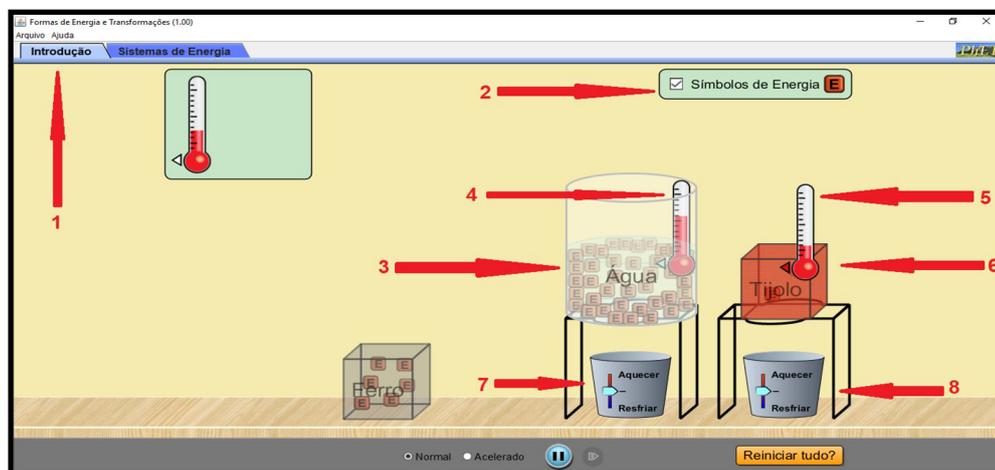


Figura 12: Simulador Formas de Energia com destaque dos procedimentos.

Aqui já é possível perceber (através dos símbolos) que ao aquecer a água, sua quantidade de energia aumentou, por outro lado, ao resfriarmos o tijolo, sua quantidade de energia diminuiu. Isso já era esperado considerando o que foi discutido na aula anterior.

- Coloque agora o tijolo dentro do recipiente d'água (Figura 13) e descreva o que acontece.

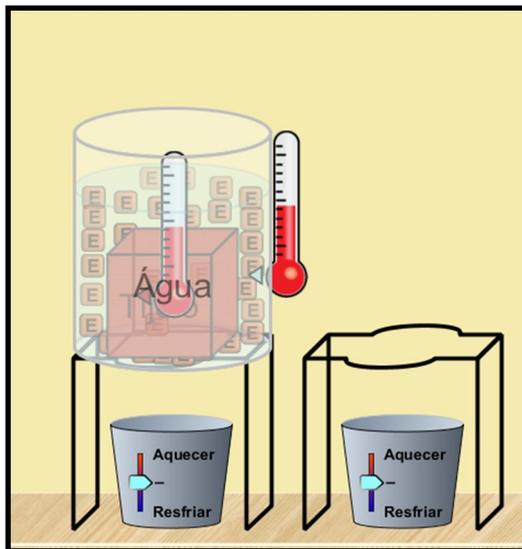


Figura 13: Tijolo inserido na água no Simulador Formas de Energia.

Esta é a parte mais importante do experimento pois é nesse momento que o calor é visualizado.

- ★ **Professor:** Chame a atenção dos estudantes para a transferência de energia da água para o tijolo, ou seja, o fluxo de energia do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, que é o processo denominado calor.

Assim, o calor pode ser definido como um processo de troca de energia térmica, ou seja, é a energia em trânsito de um corpo a outro devido a um gradiente de temperatura entre esses corpos. É comum a referência de que a energia é transferida como trabalho quando o sistema realiza trabalho e que a energia é transferida como calor quando o sistema aquece as vizinhanças (ambiente) ou é aquecido por elas. O trabalho e o calor não são formas de energia mas sim formas de transferência da energia (HEWITT, 2002; PILLA, 1979) e podem ser convertidos um no outro, conforme visto na aula anterior.

Desta maneira, quando ingerimos um alimento, por exemplo, este sofre reações químicas em nosso organismo que geram energia, esta energia é utilizada para nos mantermos aquecidos e realizarmos os movimentos cotidianos (veja simulação da aula anterior). Outro exemplo bastante similar são as usinas termelétricas nas quais a queima de matéria orgânica produz energia que aquece a água que, por sua vez, gera vapor que movimenta uma turbina. A energia é assim, em ambos os casos, utilizada para a realização de trabalho, seja no corpo humano, seja na água.

★ Professor: Leia o quadro abaixo para os alunos. Mostre que este é um, dos muitos exemplos, de como a Ciência é construída através de erros e acertos.

LEGAL! Em 1777 Lavoisier (considerado o pai da Química moderna) elaborou a teoria do calórico que seria um elemento material com características bem peculiares sendo um fluido elástico que permearia as outras substâncias e suas "partículas" seriam atraídas pelas de outras substâncias e repelidas pelas dele mesmo.
Para Lavoisier a substância calórico seria sensível às variações de temperatura, escoando de um corpo mais quente para um mais frio, quando postos em contato térmico, e não poderia ser criado nem destruído, mas conservado.

Esse fato revela que, embora a literatura apresente apenas sucessos da Ciência, os enganos também fazem parte desta construção coletiva e até mesmo grandes nomes como Lavoisier também cometem erros.

Calor Específico

O calor específico pode ser definido como a capacidade calorífica por unidade de massa da substância, desta forma simbolizado por c sendo sua unidade de medida $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.

Um bom comparativo seria entre areia e água, enquanto a primeira armazena pouca quantidade de energia após a fonte ser removida, a segunda armazena muito mais, dados seus diferentes calores específicos.

VÍDEO 02: Ebulição e Fusão da Água e do Óleo.

★ Professor: Exiba o vídeo disponível no link

<https://www.youtube.com/watch?v=0NBGoySNsBk> (CARLI, 2013)

Solicite aos alunos que comparem os calores específicos da água e do óleo.

Os alunos devem perceber que as mesmas quantidades destas substâncias armazenam a energia de forma diferente, sendo que a água, por apresentar maior calor específico, demora mais para fundir e também para entrar em ebulição.

Para analisar quais mudanças o calor pode causar em uma determinada substância será preciso voltar ao simulador.

★ Professor: Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html

no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

Nesta etapa será possível diferenciar calor sensível de calor latente. Essa distinção é importante para que os alunos percebam que é o calor sensível que será calculado no experimento da aula 7. Para tanto, deve-se seguir o procedimento:

- Na abertura clique em “Introdução”;
- Coloque a tigela de água sobre o fogo, insira um termômetro e habilite os “Símbolos de Energia” (veja Figura 14);

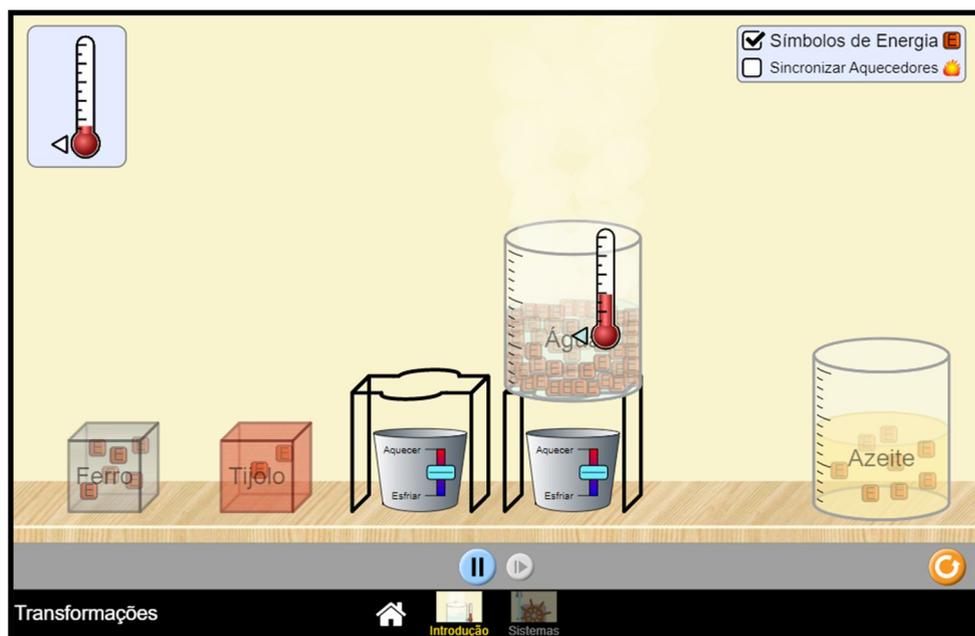


Figura 14: Observando o efeito do calor na água: com aquecimento adquire muitos “símbolos de energia”.

- Aqueça continuamente e observe a marcação no termômetro.
- ★ Professor: Ajude os alunos a observar que, mesmo com aquecimento contínuo, em determinado momento a temperatura para de aumentar.

Isto significa que a energia cedida à tigela de água pelo fogo (calor) é utilizada de diferentes formas pela substância: ora provoca aumento de temperatura, ora é empregada na mudança de fase. Assim, quando um corpo recebe determinada quantidade de energia, esse ganho pode ser percebido de três maneiras: as energias cinéticas das moléculas aumentam, as energias potenciais aumentam ou ambas aumentam simultaneamente (HEWITT, 2002).

Calor Sensível

Quando o corpo aumenta sua energia cinética, a velocidade das partículas conseqüentemente aumenta. A esse processo dá-se o nome de calor *Sensível*, pois reflete-se diretamente no aumento da temperatura. Ou seja, o corpo recebe ou cede determinada quantidade de energia,

capaz apenas de gerar variações de temperatura, sem que ocorra mudança no estado de agregação das moléculas (estado físico). Matematicamente o calor sensível é representado por

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i), \quad (01)$$

onde:

Q = Quantidade de calor (*cal*)

m = massa (g)

c = Calor Específico (*cal/g · °C*)

T_i = Temperatura Inicial (*°C*)

T_f = Temperatura Final (*°C*)

Isso será observado no experimento, pois a água não passará por mudança de fase, haja vista que, ainda que a temperatura se eleve muito, não alcançará 100 °C.

Calor Latente

Quando um corpo recebe energia mas sua temperatura não aumenta, significa que a energia potencial média das partículas está aumentando, pois a distância média entre estas moléculas está aumentando, tornando-as menos unidas (BRADY e RUSSELL, 2002). Isso ocorre quando a substância sofre uma mudança de fase, isto é, as interações intermoleculares são rompidas e as moléculas passam a ter maior liberdade. Esse processo é chamado de calor *Latente* (do latim *latere*, estar escondido). O calor latente é a quantidade de energia por unidade de massa, que precisa ser transferida para que a amostra do material mude completamente de fase, é chamada também de Calor de Transformação (L):

$$Q = m \cdot L, \quad (02)$$

onde:

L = Calor Latente (*cal/g*)

Energia Interna

A energia interna (U) é a energia total do sistema, ou seja, a soma das energias cinética e potencial de todos os átomos ou moléculas. Seu valor depende da temperatura e pressão, é uma propriedade extensiva do sistema (que depende da quantidade da amostra) e é também, uma função de estado (que depende somente dos estados final e inicial, não dependendo do caminho entre eles).

- ★ Professor: Resgate os conceitos construídos nas aulas de Química a respeito de "número de mol" e "entalpia". Peça que os alunos consultem as anotações do caderno ou livro de Química.

É muito comum especificar as quantidades de substâncias envolvidas em um fenômeno. Isso pode se dar através da massa ou do volume, mas também do que é chamado número de mol quando é preciso utilizar uma quantidade específica de espécies químicas.

Mol

O número de mol é uma grandeza extensiva que representa uma quantidade de aproximadamente $6,023 \cdot 10^{23}$ moléculas, átomos, íons ou elétrons.

Entalpia

Pode ser definida como a variação de energia em uma reação química. Os alimentos sofrem reações químicas em nosso corpo, são portanto, reagentes. Ao entrarem em contato com outras espécies químicas formam novas substâncias, denominadas produtos. Tanto os reagentes quanto os produtos apresentam determinadas quantidades de energia armazenada. A diferença entre estas quantidades é a entalpia da reação.

Esta é sem dúvida a parte mais importante do estudo de energia de uma perspectiva interdisciplinar. É fundamental que o aluno compreenda que a energia é uma propriedade única,

tanto para Física quanto para Química e que, embora receba diversas abordagens, ainda trata-se do mesmo conceito.

Na disciplina de Física, a energia é envolvida em processos físicos como fusão ou vaporização de forma que ora é absorvida (processos endotérmicos), ora é cedida (processos exotérmicos, condensação, por exemplo) pelo sistema.

De forma análoga, na Química, as reações químicas, podem absorver ou ceder energia ao ambiente (reações exo ou endotérmicas, respectivamente).

Sendo o calor o ingrediente em comum entre esses fenômenos, é necessário explorar este fato exaustivamente, de forma a deixar claro que, apesar de fenômenos químicos e físicos serem processos de transformação diferentes, são eles regidos pelas mesmas leis e ocorrem pelas mesmas razões: o calor.

Por isso na literatura muitas vezes como sinônimo de entalpia utiliza-se o termo “calor de reação”.

E como os alimentos contribuem para esta troca de energia?

Aula 6: **Voltando aos Alimentos:** As perguntas em aberto

Na Aula 2 algumas perguntas não foram respondidas devido a falta de suporte teórico. A questão 5, após as três últimas aulas e considerando tudo que foi discutido, pode ser agora respondida. É importante recapitular tudo aquilo que já foi abordado.

- ★ Professor: Faça uma revisão de todos os conceitos discutidos nas últimas aulas e volte ao questionário para resolver a questão 5.

O gasto diário médio aponta para 2000 *Kcal*, porém para determinar se a embalagem inteira está acima, abaixo ou é o ideal é preciso conhecer a massa total. Assim, se esta massa for de 150 g, como no exemplo (ver Figura 03 da Aula 2), a energia total será de 560 *Kcal* que fica abaixo da necessidade diária (2000 *Kcal*, segundo Tabela de Informação Nutricional).

As questões 6 e 7 resultam novamente num impasse. Como saber qual o consumo adequado para cada pessoa? Como o fabricante do alimento estabelece estes valores de energia? As respostas exigem nova investigação que deve ser proposta a turma, agora com vistas a responder as questões 6 e 7. Os valores diários contidos nas embalagens de alimentos são valores médios e não consideram fatores como idade e sexo. Um levantamento mais apurado deve ser feito para determinar este valor.

- ★ Professor: Solicite que, a partir do texto a seguir, cada aluno calcule seu consumo ideal diário de energia. Compare com a resposta da questão 6 que foi anotada no caderno.

TEXTO 01: (SZKLARZ e GARATTONI, 2016)

De quantas calorias o seu corpo precisa?

O nível diário recomendado de calorias é 2000 Kcal para mulher e 2500 para homem, certo? Não. Na prática, pode ser bem menos, ou bem mais.

PASSO 1

Calcule a sua taxa metabólica basal (TMB), que é a energia gasta pelo corpo em repouso. Basta usar a fórmula abaixo: (Peso em kg, Altura em cm, Idade em anos)

HOMEM

$$66,5 + (13,7 \times \text{peso}) + (5 \times \text{altura}) - (6,8 \times \text{idade})$$

MULHER

$$655 + (9,6 \times \text{peso}) + (1,8 \times \text{altura}) - (4,7 \times \text{idade})$$

Exemplo

Um homem de 70 kg, 180 cm e 30 anos tem TMB de 1.721. Uma mulher de 55 kg, 165 cm e 30 anos tem TMB de 1.349.

PASSO 2

Multiplique a TMB pelo nível de atividade:

Sedentário

→ TMB x 1,2

Levemente ativo (exercício leve, 1 a 3 dias por semana)

→ TMB x 1,375

Moderadamente ativo (exercício moderado/esporte, 3 a 5 dias por semana)

→ TMB x 1,55

Muito ativo (exercício pesado/esporte, 6 a 7 dias por semana)

→ TMB x 1,725

Exemplo

Se o homem acima for levemente ativo, precisará de $1.721 \times 1,375 \rightarrow 2366$ quilocalorias diárias. Se a mulher for sedentária, precisará de $1.349 \times 1,2 \rightarrow 1619$ quilocalorias.

Fonte Equação de Harris-Benedict.

Figura 15: Texto da Revista Superinteressante indicando como calcular a TMB.

A abordagem desse texto permite responder a questão 6 com mais segurança.

- ★ Professor: Solicite alguns resultados encontrados pelos alunos, compare com a sugestão da embalagem de 2000 Kcal e ressalte que esses valores podem ser bastante diversos daqueles propostos pelo fabricante.

Aula 7: **Atividade Manipulativa:** O experimento corrobora as informações?

A questão 7 (Como o alimento fornece energia ao corpo? Como o fabricante determina os valores de energia?) é a mais complexa de todas, entretanto, pode ser facilmente respondida se recorrermos a um experimento que corrobore ou refute as informações contidas na Tabela de Informação Nutricional. Então a *energia informada pelo fabricante será confirmada pelo experimento?*

★ Professor: Lance este desafio aos alunos. O roteiro é mostrado a seguir.

Ao fim da atividade será possível voltar a questão 7 e responder corretamente.

Objetivos:

- ✓ Determinar a entalpia de uma reação de combustão;
- ✓ Medir o calor absorvido pela água através da variação de sua temperatura.

Descrição do Experimento: O calor gerado pela queima de um biscoito irá aquecer a água da latinha, através do aumento de temperatura onde é possível determinar a quantidade de calor gerada nesta combustão.

Materiais:

- Proveta {1};
- Balança {2};
- Latinha de alumínio vazia {3};
- Termômetro {4};
- Bolacha do tipo *Wafer* (com a respectiva embalagem) {5};
- Fósforos {6};
- Papel Alumínio {7};
- Arame ou espeto {8};
- Garra, anel, suporte universal ou material alternativo com as mesmas funções {9}.



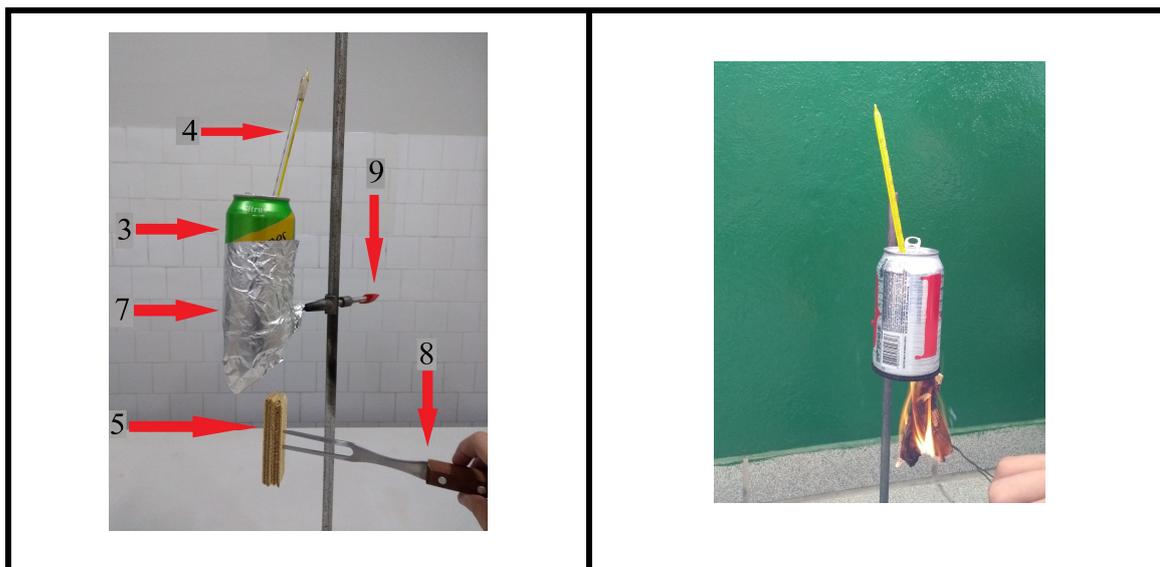
Figura 16: Lista de materiais para a atividade prática.

Procedimento 1: Coleta de dados iniciais

- Pese, aproximadamente, duas bolachas *wafer* e anote;
- Pese a latinha vazia e anote;
- Reserve aproximadamente 250 mL de água e meça a temperatura da mesma e anote;
- Consulte em uma tabela os valores dos calores específicos da água e alumínio e anote;
- Consulte a embalagem do alimento e verifique, na Tabela de Informação Nutricional, a relação entre massa e energia (energia da porção).

Procedimento 2: Executando o Experimento

- Coloque a água reservada dentro da latinha;
- Adapte a latinha ao anel e este ao suporte universal a, aproximadamente, 30 cm do solo;
- Fisque a bolacha no arame ou espeto e coloque fogo nela com os fósforos;
- Segure a bolacha em chama abaixo da latinha com água, se possível, embrulhe este conjunto em papel alumínio para evitar as perdas de calor;
- Deixe o termômetro dentro da água e anote a maior temperatura alcançada.



a) Esquema do experimento antes da execução com destaque dos materiais.

b) Experimentos em andamento.

Figura 17: Experimento sendo executado (arquivo pessoal).

Para uma combustão eficiente é necessário um alimento seco. É possível desta forma variar os tipos de alimentos. Os professores podem sugerir às equipes que testem outros tipos de bolachas e salgadinhos.

O docente deve propor à turma refletir sobre as possíveis fontes de erro que levam a comparação entre o valor da Tabela de Informação Nutricional com o valor obtido (proposta na Atividade **04**). A perda de calor para o meio é a principal, além dos erros de medida de massa e temperatura, o resíduo de alimento que não queimou e outras que devem ser consideradas.

E finalmente o mais importante: a energia foi transferida do alimento para a água, por meio de uma reação química exotérmica sofrida pela bolacha (combustão) e absorvida pela água (fenômeno endotérmico). Esta transferência pode ser acompanhada pela variação de temperatura.

Além disso, a capacidade da energia de se transportar de um corpo para outro também deve ser enfatizada.

Desta forma, o professor de Química poderá enfatizar o teor exotérmico da combustão ao passo que o professor de Física poderá ressaltar que o cálculo do calor liberado é feito através das medidas de temperatura.

Aula 8: Concluindo a Investigação: Fechando os trabalhos

Atividades a partir do Experimento:

01. Preencha a Tabela de dados:

$T_i =$	_____	$T_f =$	_____
$\Delta T =$	_____	$m_{\text{água}} =$	_____
$m_{\text{alimento}} =$	_____	$m_{\text{porção}} =$	_____
$m_{\text{aluminio}} =$	_____	$\text{energia}_{\text{porção}} =$	_____
$C_{\text{água}} =$	_____	$C_{\text{aluminio}} =$	_____

02. Calcule a energia absorvida pela latinha de alumínio.

03. Calcule a energia absorvida pela água.

04. Calcule a energia total.

05. Compare e discuta este resultado com aquele fornecido na embalagem (utilize uma regra de três).

06. Proponha uma equação química para a combustão da bolacha.

07. Classifique esta reação em exo ou endotérmica.

08. Qual processo de transmissão de calor ocorre no espeto? Explique.

09. Sabendo que pedalar gasta 6 Kcal/min , que é preciso 100 Kcal para fazer 1 Kg de água entrar em ebulição* e supondo que toda a energia, como na aula 4 (Simulador), seja convertida em energia, determine quantos minutos uma pessoa deveria pedalar para fazer uma tigela de 5 Kg de água entrar em ebulição. Verifique no simulador quais as conversões de energia ocorrem neste processo.

*Considerando temperatura inicial 0° C .

Exercícios sobre os Conceitos Abordados:

10. Considere as entalpias padrão de formação dos seguintes compostos:

	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
ΔH_f (KJ/mol)	-74,81	0	-393,51	-285,83

Sabendo que a capacidade calorífica da água, à pressão constante, vale $75,9 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ e que sua entalpia de vaporização é igual a $40,66 \text{ KJ/mol}$, determine o número de mols de metano necessários para vaporizar 1 L de água pura, cuja temperatura inicial é $25 \text{ }^\circ\text{C}$, ao nível do mar.

11. (UFS-SE) A energia necessária à vida é obtida a partir de reações com o oxigênio dos componentes dos alimentos. É uma combustão lenta com reações catalisadas por enzimas. O poder calorífico (energia liberada na combustão) de um açúcar ou de uma proteína é cerca de 17 KJ/g e de uma gordura, cerca de 38 KJ/g .

100 g de dado chocolate contém $0,22 \text{ mol}$ de açúcar ($M = 342 \text{ g/mol}$), 11 g de triestearina (gordura), 3 g de proteína e 11 g de água. Seu poder calorífico aproximado é:

- a) 5 KJ/g
- b) 10 KJ/g
- c) 18 KJ/g
- d) 38 KJ/g
- e) 50 KJ/g

12. (F. Objetivo-SP) O calor de combustão do acetileno é de 310 Kcal/mol . A vaporização da água líquida consome 10 Kcal/mol . Quantos mols de acetileno devem ser queimados para produzir calor suficiente para vaporizar 360 g de água líquida?

- a) 0,5
- b) 0,645
- c) 1,3
- d) 2,5
- e) 2,84

Resoluções das Atividades e Exercícios:

01. Preencha a Tabela de dados:

$T_i =$ <u>Medir com termômetro</u>	$T_f =$ <u>Medir com termômetro</u>	$T_i =$ _____	$T_f =$ _____
$\Delta T =$ <u>$T_f - T_i$</u>	$m_{\text{água}} =$ <u>250 g</u>	$\Delta T =$ _____	$m_{\text{água}} =$ _____
$m_{\text{alimento}} =$ <u>Pesar dois biscoitos</u>	$m_{\text{porção}} =$ <u>Verificar na embalagem</u>	$m_{\text{alimento}} =$ _____	$m_{\text{porção}} =$ _____
$m_{\text{alumínio}} =$ <u>Pesar a latinha vazia</u>	$\text{energia}_{\text{porção}} =$ <u>Verificar na embalagem</u>	$m_{\text{alumínio}} =$ _____	$\text{energia}_{\text{porção}} =$ _____
$c_{\text{água}} =$ <u>1 cal/ g · °C</u>	$c_{\text{alumínio}} =$ <u>0,2 cal/ g · °C</u>	$c_{\text{água}} =$ _____	$c_{\text{alumínio}} =$ _____
$P_{\text{atm}} =$ <u>Consultar na rede</u>	$P_{V_{H_2O}} =$ <u>Consultar na rede</u>	$P_{\text{atm}} =$ _____	$P_{V_{H_2O}} =$ _____

02. Calcule a energia absorvida pela latinha de alumínio.

A energia absorvida pela latinha pode ser calculada através dos dados da tabela e a fórmula $Q_{Al} = m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot \Delta T$. Neste caso não houve mudança de fase, logo, trata-se um calor sensível.

03. Calcule a energia absorvida pela água.

A energia absorvida pela água pode ser calculada através dos dados da tabela e a fórmula $Q_{\text{Água}} = m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T$. Neste caso não houve mudança de fase (em todos os testes anteriores, a temperatura nunca alcançou o ponto de ebulição), logo, trata-se um calor sensível.

04. Calcule a energia total.

Q_T é dado pela soma de Q_{Al} e $Q_{\text{água}}$.

05. Compare e discuta este resultado com aquele fornecido na embalagem (utilize uma regra de três).

Energia	%
$\text{energia}_{\text{porção}}$	100 %
Q_T	x

As perdas de energia são normais e acarretam uma grande diferença no valor final. Uma forma de evitar essas perdas é cobrir o sistema com papel alumínio, entretanto o resultado será sempre menor que o esperado.

06. Proponha uma equação química para a combustão da bolacha.



07. Classifique esta reação em exo ou endotérmica.

Exotérmica, pois libera energia para o meio.

08. Qual processo de transmissão de calor ocorre no espeto? Explique.

No espeto há condução de calor do metal (que está em contato com o fogo) até a outra extremidade (em contato com as mãos) daí a razão do cabo de madeira.

09. Sabendo que pedalar gasta 6 Kcal/min , que é preciso 100 Kcal para fazer 1 Kg de água entrar em ebulição* e supondo que toda a energia, como na aula 4 (Simulador), seja convertida em energia, determine quantos minutos uma pessoa deveria pedalar para fazer uma tigela de 5 Kg de água entrar em ebulição. Verifique no simulador quais as conversões de energia ocorrem neste processo.

*Considerando temperatura inicial 0° C .

$$t = \frac{1 \text{ min}}{6 \text{ Kcal}} \times \frac{100 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}_{\text{de água}}} \times 5 \text{ Kg}_{\text{de água}}$$

$$t = 83,33 \text{ minutos}$$

10.

$$\Delta T = 100^\circ \text{ C} - 25^\circ \text{ C} = 75^\circ \text{ C}$$

$$m = 1 \text{ Kg} (1 \text{ L}) = 1000 \text{ g}$$

$$C = 75,9 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 40,66 \text{ kJ/mol} = 40660 \text{ J/mol}$$

$$M_{\text{água}} = 18 \text{ g/mol}$$

Cálculo do número de mols de 1 L (1 Kg) de água:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1000}{18}$$

$$n = 55,6 \text{ mols de água}$$

Cálculo do calor sensível:

$$Q_s = C \cdot n \cdot \Delta T$$

$$Q_s = 75,9 \cdot 55,6 \cdot 75$$

$$Q_s = 316250 \text{ J}$$

Cálculo do calor latente:

$$Q_L = \Delta H_{\text{vap}} \cdot n$$

$$Q_L = 40660 \cdot 55,5$$

$$Q_L = 2258888,9 \text{ J}$$

Cálculo do calor total:

$$Q_T = Q_S + Q_L$$

$$Q_T = 316250 + 2258888,9$$

$$Q_T = 2575138,9 J$$

Cálculo da entalpia de combustão do metano:



$$\Delta H = [(-393,51) + 2 \cdot (-285,83)] - (-74,81)$$

$$\Delta H = -890,36 \text{ KJ/mol} = -890360 J/mol$$

Cálculo do número de mols de metano:

Número de mols	Energia
1 mol de metano	890360 J
n mols de metano	2575138,9 J

$$n \text{ mols de metano} = 2,9 \text{ mols}$$

11. C

$$\text{poder calorífico} = \frac{(0,22 \cdot 17 \cdot 342) + (11 \cdot 38) + (3 \cdot 38)}{100} = 18,11 \text{ KJ/g}$$

12. B

$$n_{\text{acetileno}} = \frac{1 \text{ mol}_{\text{acetileno}} \cdot 10 \text{ Kcal} \cdot 1 \text{ mol}_{\text{água}} \cdot 360 \text{ g}_{\text{água}}}{310 \text{ Kcal} \cdot 1 \text{ mol}_{\text{água}} \cdot 18 \text{ g}_{\text{água}}} = 0645 \text{ mols}$$

Parte 2: Energia e os Gases

Aula 1 (primeiro momento): **Escolha do Objeto de Estudo:** O desafio

O hidrogênio é o primeiro elemento químico da Tabela Periódica e, através de uma ligação covalente, se liga a outro átomo igual formando a molécula H_2 . Esta, por sua vez, foi muito explorada no passado e ainda o é hoje em dia.

Os carros movidos a hidrogênio chegam ao mercado com a promessa de não poluírem a atmosfera e possuir autonomia maior que os veículos convencionais.

TEXTO 02: Revista Autoesporte

A falta de autonomia dos elétricos gera uma certa ansiedade. Ultrapassar os 400 km rodados é para poucos, talvez somente o Tesla Model X vá além com facilidade. O sedã da marca americana chega a 432 km sem se valer de truques de direção econômica. Só que a Toyota acaba de anunciar que foi além com o sedã Mirai. O modelo movido a hidrogênio chegou a cerca de 500 km de autonomia em marca oficial. (AUTOESPORTE, 2015)

- ★ Professor: Lance esse problema à turma: Entender o hidrogênio. Por que os carros a hidrogênio possuem maior autonomia? Por que este é considerado um combustível "limpo"?

Aula 1 (segundo momento): **Concepções Prévias:** O rumo dos trabalhos

Partindo-se do princípio de que os alunos já têm conhecimento do que é Temperatura, Energia e Calor, é preciso apurar agora seus conhecimentos prévios acerca do estado gasoso e suas transformações pois, como já ressaltado anteriormente, essas ideias deverão guiar o trabalho docente no sentido de dar maior ou menor profundidade para cada etapa.

O objetivo destas questões é estabelecer um mapeamento dos pontos a serem trabalhados, além de acompanhamento do desempenho dos alunos ao longo da sequência de ensino e ainda, avaliar a eficácia da metodologia ao final do processo.

★ Professor: Promova uma discussão coletiva baseada nas questões relacionadas abaixo. Anote algumas respostas no quadro.

1. O que é um gás?
2. Cite exemplos de gases que você conhece.
3. Como a temperatura interfere no comportamento de um gás?
4. Como a pressão, o volume e a temperatura se relacionam para o estado gasoso?
5. O hidrogênio apresenta algum risco, enquanto combustível?
6. Por que o hidrogênio é considerado um combustível limpo?
7. Quais outros combustíveis você conhece?
8. Explique por que um automóvel movido a gás hidrogênio apresenta maior autonomia.

O caminho para a resposta ao desafio proposto passa por estes conceitos. Deste modo é preciso sedimentá-los de forma bastante cuidadosa.

Aula 2: **Planejando a Investigação:** Os primeiros passos

Nesse momento, é preciso resolver o seguinte desafio: *Como funciona um carro movido a hidrogênio? Quais as vantagens desse combustível? Por que é chamado de combustível limpo?* Para tanto deve-se partir de conhecimentos já consolidados como a temperatura, por exemplo, cuja definição foi discutida na sequência de ensino anterior (Parte 1).

A questão 2 não deverá constituir uma dificuldade tendo em vista que inúmeros exemplos de gases são de conhecimento de qualquer pessoa como, o ar, o gás de cozinha, o GNV (Gás Natural Veicular), o gás hélio de balões de festa, o gás da geladeira e o tão conhecido gás carbônico.

Contudo, o objetivo desta aula é que o aluno compreenda as diferentes propriedades dos três estados da matéria. Uma boa definição para responder a questão 1 pode ser construída através das simulações. Para tanto será preciso utilizar um novo simulador.

★ Professor: Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html

no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

No início deve-se escolher a opção “Estados” e comparar, as características de cada estado, conforme Figura 18, Figura 19 e Figura 20.

Sólido

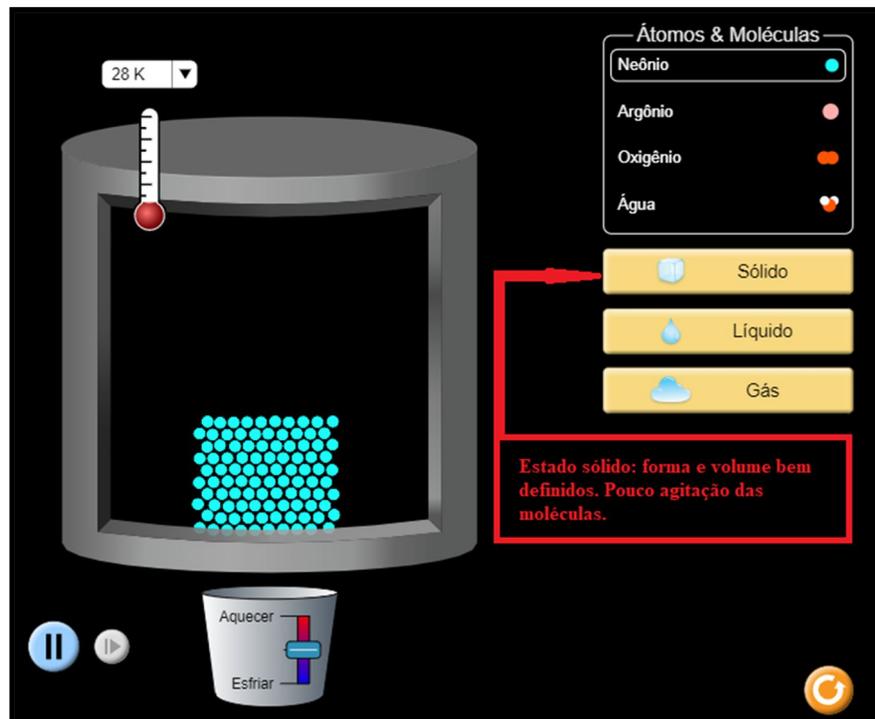


Figura 18: Características do estado sólido vistas no Simulador de Estados da Matéria.

★ Professor: Ressalte que nos sólidos o volume e a forma são fixos e independentes da forma e tamanho dos recipientes que os contém.

Nessa fase, os átomos podem ainda estar arranjados em um tipo de rede, chamada de *rede cristalina*, ou seja, estar dispostos de uma maneira fixa e bem organizada.

Líquido

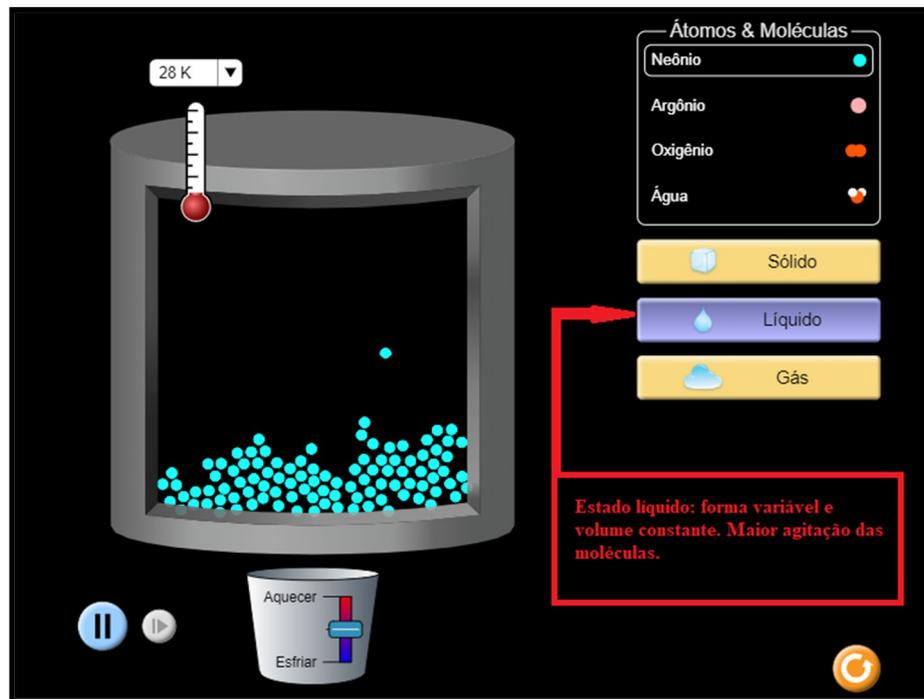


Figura 19: Características do estado líquido vistas no Simulador de Estados da Matéria.

- ★ Professor: Destaque que os líquidos possuem volume fixo mas adquirem a forma de seus recipientes.

Essas duas fases, sólido e líquido, formam as “fases condensadas”, e diferem-se da gasosa dada sua alta densidade em comparação a este último.

Gás

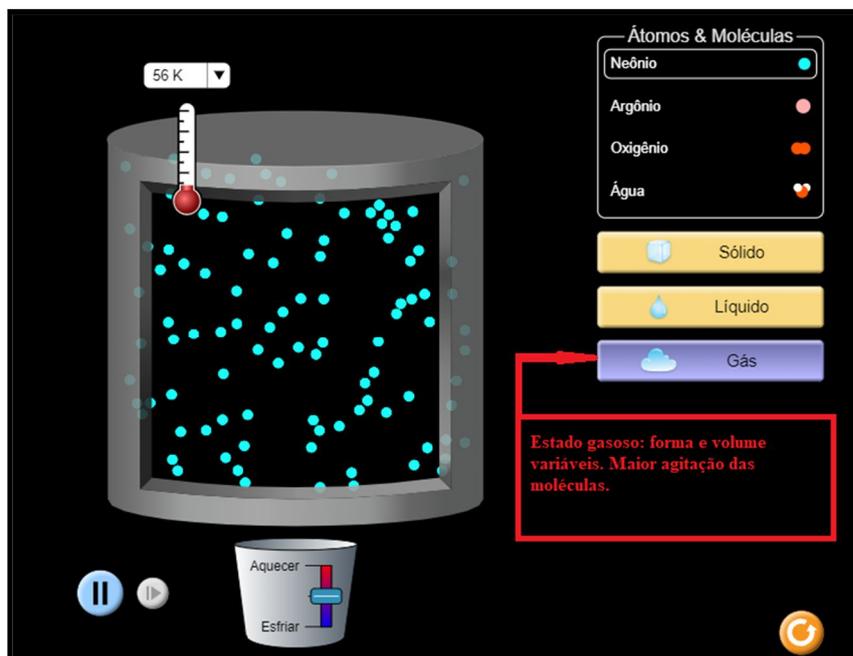


Figura 20: Características do estado gasoso vistas no Simulador de Estados da Matéria.

- ★ **Professor:** *Enfatize que nos gases nem volume e nem forma são fixos, logo, se expandem e adquirem a forma e o volume do recipiente em que são colocados (HEWITT, 2002).*

Isso faz com que as distâncias entre as moléculas de um gás sejam, em média, dez vezes maiores que em um líquido (que é algo em torno do diâmetro molecular) (PILLA, 1979).

Gases e líquidos podem ainda ser chamados de fluídos por sua capacidade de escoar.

Uma das diferenças entre sólidos e fluidos está na forma de responder a tensões tangenciais (MANGUEIRA), também chamadas de tensões de cisalhamento, cujas componentes estão no próprio plano da seção, isso resulta em um carregamento, ou arraste, que provoca um deslizamento relativo de moléculas que constituem o sólido, veja a Figura 21 abaixo:

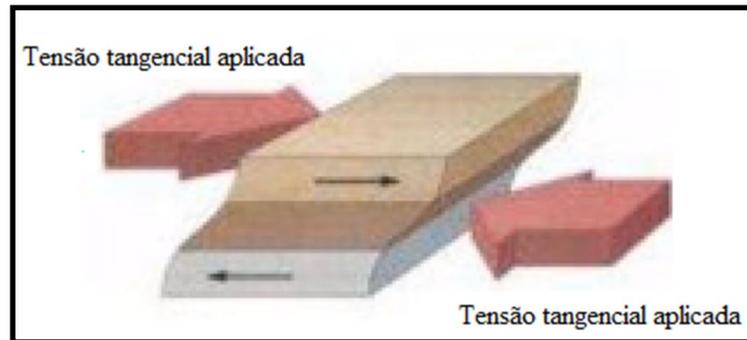


Figura 21: Material sólido reagindo a tensões tangenciais (MANGUEIRA - adaptada).

Quando um sólido é submetido a uma força tangencial externa, sua superfície irá se deformar até que forças tangenciais internas produzidas a equilibrem (NUSSENZVEIG, 1997).

Se essa força externa não for grande suficiente, o sólido voltará a situação inicial após a retirada da mesma. Isso se dá pelo fato de os sólidos serem incompressíveis que é uma consequência direta da falta de espaços vazios entre os átomos (ou moléculas) neste estado da matéria (BRADY e RUSSELL, 2002).

Os fluidos, por sua vez, não podem equilibrar nem sequer a menor força, desta forma, sob a ação de uma tensão tangencial, estes escoam, permanecendo em movimento enquanto a força estiver sendo aplicada.

Respondidas a primeira e segunda questões, a terceira questão está diretamente relacionada a primeira sequência de ensino, assim, conforme já discutido, o aumento da temperatura aumenta a energia cinética das partículas que, por conta disso, têm suas velocidades de translação aumentadas também. Mas qual a influência da pressão e do volume para o estado gasoso? E como estas variáveis se relacionam?

O **Volume** pode ser definido como a quantidade de espaço físico ocupado pelo gás em questão e **Pressão** está relacionada com o valor médio da transferência de momento nas colisões das partículas com as paredes do recipiente que as contém (NUSSENZVEIG, 1997). Quando as partículas do gás colidem com estas paredes exercem uma força, assim, a pressão é a componente normal desta força por unidade de área (WYLEN *et al.*, 1973) e, se desconsiderarmos os efeitos da gravidade, será a mesma em qualquer ponto deste fluido.

Aula 3: **Buscando Respostas:** Variáveis de estado de um gás

Para fluidos homogêneos, como um gás, por exemplo, um estado de equilíbrio termodinâmico fica inteiramente caracterizado por qualquer par das três variáveis (NUSSENZVEIG, 1997): *pressão* (p), *volume* (V) e *temperatura* (T). Desta forma, a terceira variável é função das duas primeiras. O objetivo desta aula é compreender como todas estas variáveis se relacionam.

Para investigar o comportamento de um gás frente a estas variáveis é preciso fazer uso do Simulador Propriedades dos Gases.

★ **Professor:** Solicite que os alunos acessem o endereço:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties

no Laboratório de informática ou através dos próprios celulares.

Já no início pressione o manete duas vezes para inserir algumas partículas de gás no recipiente, conforme mostra a Figura 22:

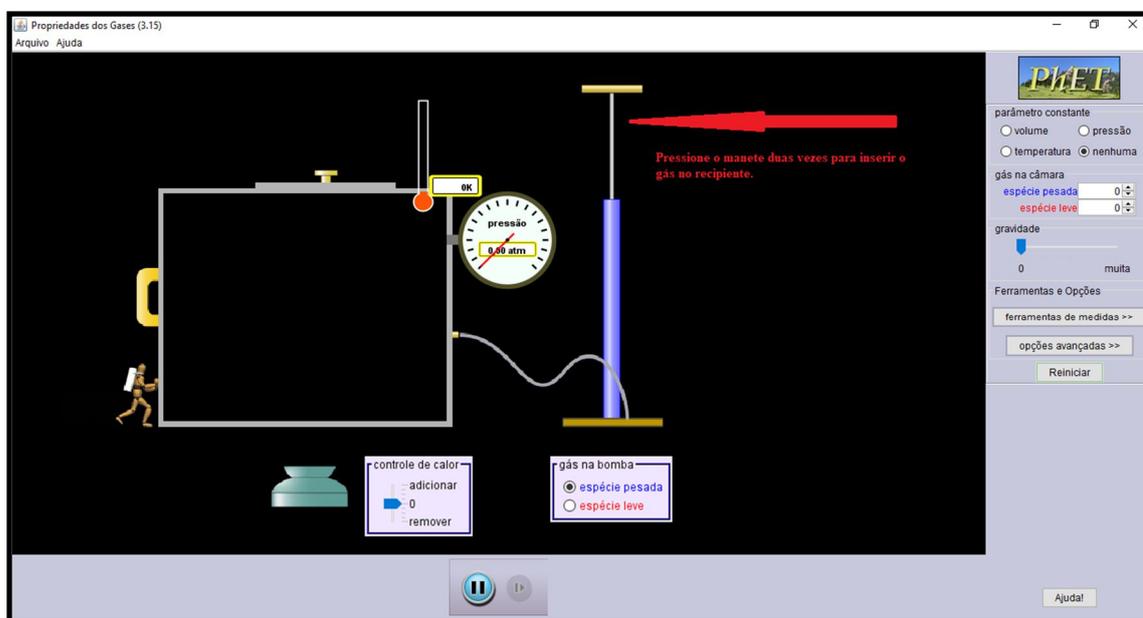


Figura 22: Inserindo gás no recipiente no Simulador Propriedades dos Gases.

Transformação Isocórica (a volume constante): Temperatura versus Pressão

Agora execute os seguintes procedimentos mostrados na Figura 23:

- Escolha volume como parâmetro constante {1};
- Aqueça o recipiente segurando o pino na posição superior {2};
- Observe o que ocorre com a pressão no manômetro {3}.

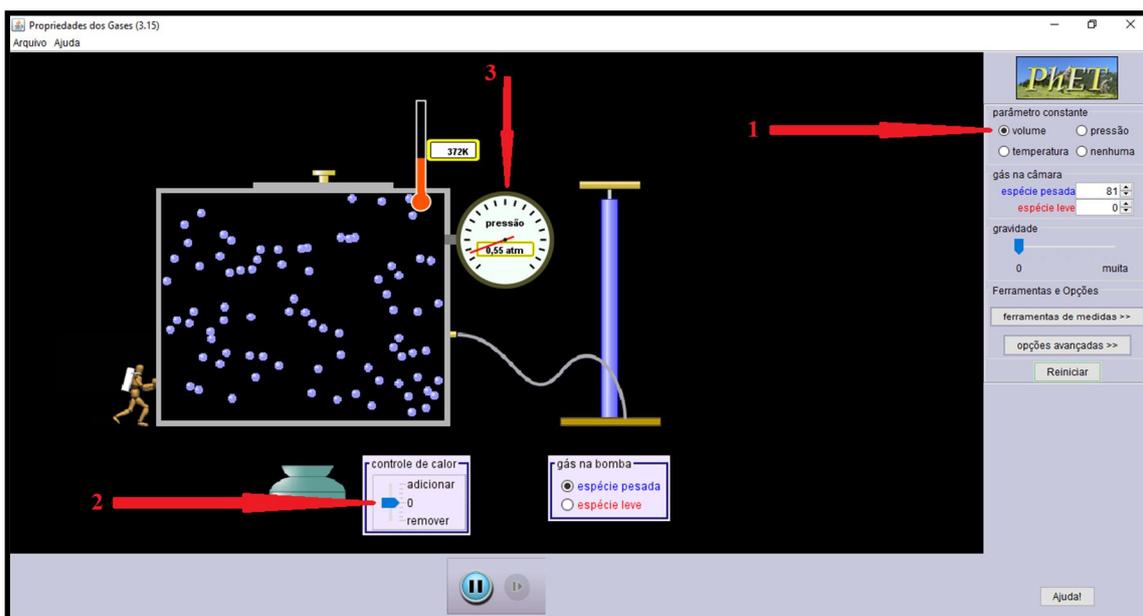


Figura 23: Temperatura versus Pressão vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **Professor:** Chame a atenção dos alunos para o fato da pressão aumentar com o aumento da temperatura do sistema.

A temperatura indica o quão agitadas estão as moléculas deste gás. Além disso, o aumento da temperatura causa inevitavelmente um aumento na pressão do fluido gasoso, haja vista que maior velocidade gera maior número de colisões entre as moléculas de gás e as paredes do recipiente. Charles e Louis J. Gay-Lussac, físico e químico francês, chegaram à seguinte conclusão, separadamente, para transformações a volume constante:

Para uma massa fixa de gás, num sistema fechado em que o volume é mantido constante, a pressão exercida pelo gás é diretamente proporcional à temperatura absoluta (ATKINS e DE PAULA, 2011). No limite em que $p \rightarrow 0$.

Transformação Isobárica (a pressão constante): Temperatura versus Volume

Agora execute os seguintes procedimentos mostrados na Figura 24:

- Escolha pressão como parâmetro constante {1};
- Aqueça o recipiente segurando o pino na posição superior {2};
- Observe o que ocorre com o volume do recipiente {3}.

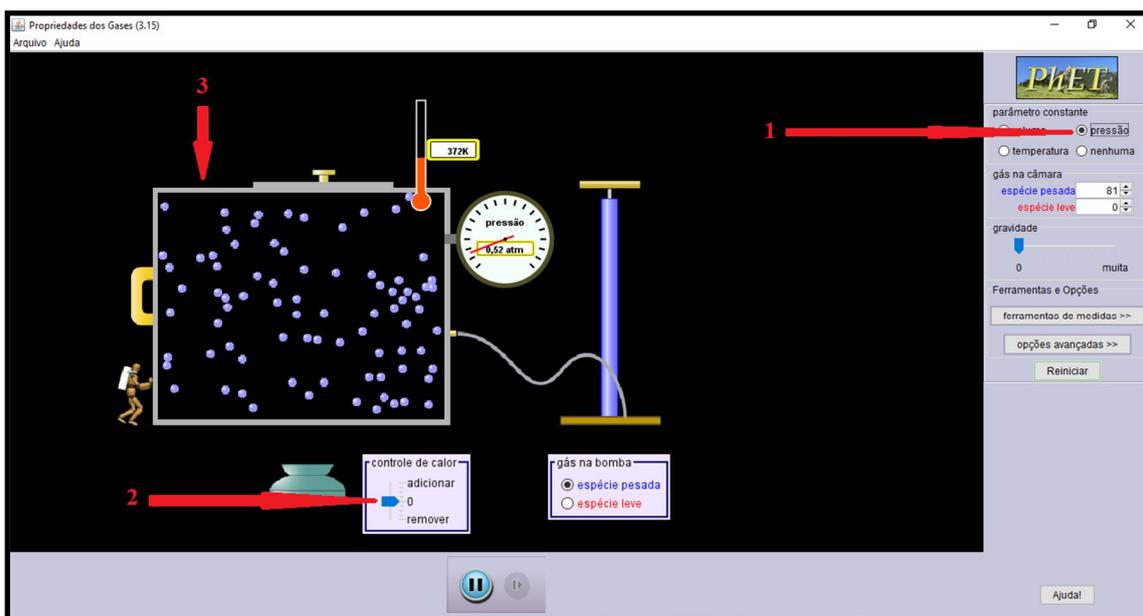


Figura 24: Temperatura versus Volume vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **Professor:** Chame a atenção dos alunos para o fato do volume aumentar com o aumento da temperatura do sistema.

Possivelmente em outros momentos da aula de Física a discussão a respeito da dilatação térmica já foi promovida. Trata-se aqui do mesmo princípio, isto é, um aumento da temperatura ocasionará um aumento de volume do gás. Jacques Charles, matemático francês, através de seus experimentos com balões, a pressão constante, pôde observar que o volume de gás sempre aumentava com o aumento da temperatura, demonstrando que estas duas variáveis são diretamente proporcionais:

À pressão constante, o volume de uma determinada massa de gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

Transformação Isotérmica (a temperatura constante): pressão versus volume

Agora execute os seguintes procedimentos mostrados na Figura 25:

- Escolha temperatura como parâmetro constante {1};
- Movimente o boneco para o lado direito {2};
- Observe o que ocorre com a pressão do recipiente no manômetro {3}.

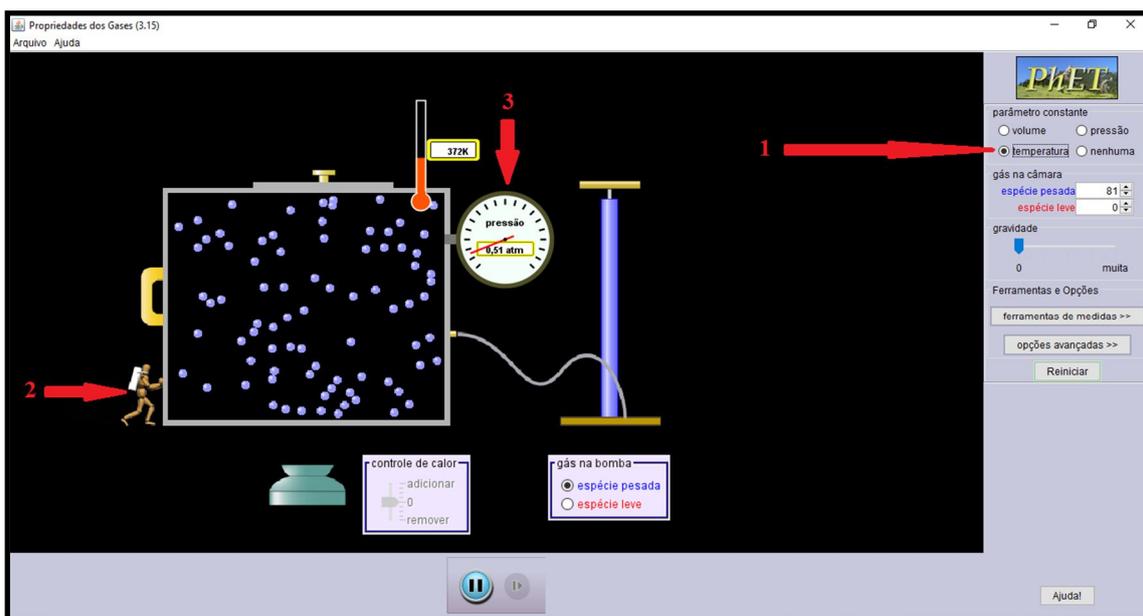


Figura 25: Pressão versus Volume vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **Professor:** Chame a atenção dos alunos para o fato da pressão diminuir com o aumento do volume do sistema.

O químico e físico irlandês, Robert Boyle, desenvolvendo experimentos com o ar a temperatura constante e variando a pressão, pode inferir que:

O volume de uma dada quantidade de gás, a temperatura constante, é inversamente proporcional a sua pressão.

Assim, o estudo das substâncias no estado gasoso é muito abrangente e proporciona inúmeras discussões interdisciplinares. Desta forma, partindo do conhecimento das variáveis de estado, as relações de proporcionalidade entre as três devem ser destacadas. Voltando a questão 4, a Figura 26 abaixo mostra estas relações. Através dela podemos observar que a pressão (p) e o

volume (V) são Diretamente Proporcionais (DP) à temperatura (T), porém Inversamente Proporcionais (IP) entre si como é possível verificar na Figura 26:

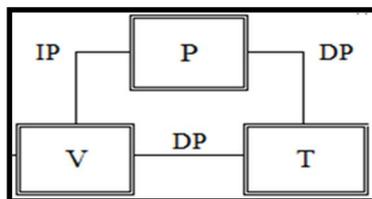


Figura 26: Relação de proporcionalidade entre as variáveis de estado do gás (produzida pela autora).

Assim criamos uma forma de raciocínio para problemas de transformação gasosa, em detrimento do uso de fórmulas prontas.

Relevante às transformações sofridas pelos gases, os canais do *Youtube* MANUAL DO MUNDO e PONTOCIÊNCIA trazem diversas demonstrações das relações entre as variáveis como:

VÍDEO 03: Variáveis de estado do gás.

★ Professor: Exiba os vídeos disponíveis nos links:

- pressão e temperatura, a volume constante (transformação isocórica) enunciada pela lei de Charles, disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA>,
- volume e pressão, a temperatura constante (lei de Boyle) disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=CdAVW5D58Eg>
- volume e temperatura, a pressão constante (lei de Gay-Lussac) disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=bea-jfqYGDU>.

Enfatize qual variável está fixa e como é possível verificar a variação das outras duas.

VÍDEO 04: Variáveis de estado do gás (HOMENS DE HONRA, 2001).

- ★ Professor: Recomende aos alunos que assistam o filme "Homens de Honra" que trata também da transformação sob temperatura constante quando conta a história real da carreira de um mergulhador.



Figura 27: mergulhador da marinha americana retratado no filme.

Compreender estas correspondências requer grande trabalho cognitivo além de abolir o uso de fórmulas prontas e remete o aluno a uma análise de resultados, de forma a julgá-los coerentes ou não.

E o que o hidrogênio tem a ver com tudo isso?

Aula 4: **Experimentação:** Finalmente o hidrogênio!

O hidrogênio, em condições ambientes, é um gás que segue os princípios listados acima. Usualmente utiliza-se um modelo chamado *Gás Ideal*, ou seja, uma idealização de um gás real, no limite da rarefação extrema (NUSSENZVEIG, 1997). Assim, as forças atrativas intermoleculares de uma substância no estado gasoso, de acordo com a teoria cinética dos gases, são praticamente nulas. Experiências com gases iniciadas por Robert Boyle originaram a chamada Equação de Estado do Gás Ideal:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \quad (03)$$

sendo:

P = Pressão (geralmente em *atm*)

V = Volume (geralmente em *L*)

n = número de mols (*mol*)

R = constante determinada experimentalmente e conhecida por Constante Universal dos Gases = $0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ou $62,3 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

T = Temperatura (*K*)

A substância que obedece a esta equação em todas as pressões é denominada Gás Ideal. Um gás real comporta-se como gás perfeito à medida que sua pressão vai diminuindo e tendendo a zero, porém a pressão atmosférica ao nível do mar já é baixa o bastante para que a maioria dos gases reais de nosso cotidiano se comporte como um gás perfeito.

★ **Professor:** Lance este desafio aos alunos: produzir gás hidrogênio a partir de ácido e metal.

Como este gás se comportaria frente à chama de um palito de fósforo? A manipulação do gás que o experimento proporciona irá permitir que os alunos visualizem propriedades como, por exemplo, densidade. É importante seguir o procedimento que é mostrado adiante para que não haja perda de gás.

Objetivos:

- ✓ Analisar as propriedades do gás hidrogênio;
- ✓ Reconhecer variáveis de estado de um gás.

Descrição do Experimento: Produção de gás hidrogênio através da reação entre um metal e um ácido e teste do produto frente a uma faísca.

Materiais Procedimentos 1 e 2:

- Ácido Clorídrico 6 M {1};
- Magnésio {2};
- Béquer {3};
- Proveta (de no máximo 50 mL) {4};
- Algodão {5};
- Termômetro {6};
- Fósforos {7};
- Internet para consultar a pressão atmosférica e a pressão de vapor da água na temperatura do experimento.



**CUIDADO!! O HIDROGÊNIO É
EXTREMAMENTE EXPLOSIVO!**



Figura 28: Materiais para o experimento de produção de hidrogênio.

Procedimento 1: Produzindo Hidrogênio

- Coloque água até metade do volume do béquer;
- Encha a proveta até o gargalo com o ácido;
- Faça uma rolha com o algodão de forma que esta feche a proveta e deixe-a separada;
- Seja rápido: coloque o magnésio na proveta que contém o ácido, tampe-a com o algodão e inverta-a no béquer com água;
- Mantenha a proveta na posição vertical;
- Anote o volume de gás formado observando o nível na proveta (Figura 29);
- Meça a temperatura do conjunto água + gás e anote.

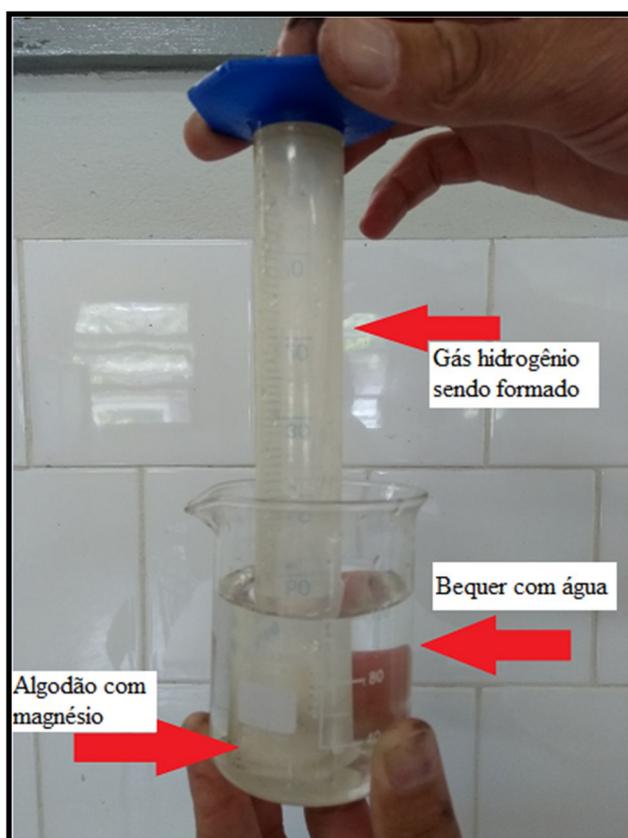


Figura 29: Experimento de produção de hidrogênio em andamento.

Procedimento 2: Testando o gás

- Com cuidado acenda um fósforo e segure-o aceso longe de seu corpo;
- Direcione a boca da proveta para o palito de fósforo aceso (Figura 30).

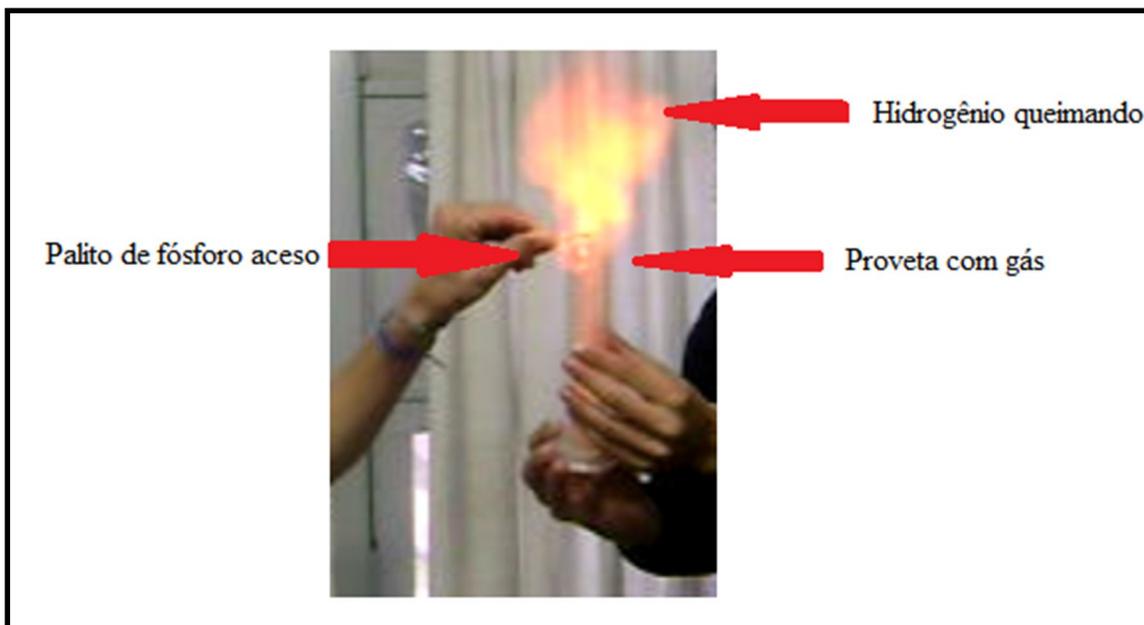


Figura 30: Testando o gás hidrogênio com um palito de fósforo aceso.

★ Professor: Mostre que o hidrogênio é extremamente explosivo daí sua aplicação como combustível. (Ver quadro **LEGAL!** na próxima página).

Ao professor de Física cabe, neste momento, destacar que as variáveis de estado de um gás são grandezas que definem as características de uma substância que se encontra no estado gasoso. Por esta razão são de extrema importância para determinar, por exemplo, o número de mols de gás produzidos ou sua massa.

A respeito disso, alguns detalhes na coleta de dados devem ser observados: a pressão que o gás exerce é a própria pressão atmosférica subtraindo-se a pressão de vapor da água, já que utilizou-se um ácido diluído neste solvente. Além disso a temperatura do experimento ficará pouco maior que a temperatura ambiente pois esta reação é exotérmica, O volume de gás obtido é aquele marcado no nível da proveta.

Com estas informações e a massa molar do gás hidrogênio já é possível calcular a massa de gás produzido por esta reação.

Na disciplina de Química, da mesma forma, salientam-se as propriedades deste gás. É possível agora responder a questão 5, pois já sabe-se que o hidrogênio é a substância química mais leve que existe, por esta razão era antigamente usada em dirigíveis entretanto, sua propriedade mais marcante neste trabalho é a capacidade de explodir em presença de oxigênio e chama gerando

grande quantidade energia, sendo esta uma das razões pelas quais é hoje em dia tido como o combustível do futuro e também por não ser utilizado em dirigíveis.

- ★ Professor: Leia o quadro **LEGAL!** com seus alunos. É uma curiosidade muito interessante que poderá contextualizar ainda mais a discussão sobre os usos do hidrogênio.

«
« **LEGAL!** Os primeiros balões dirigíveis eram inflados por gás hidrogênio e também
« conhecidos por Zeppelins, dado o nome de seu criador, o alemão Ferdinand von Zeppelin. O
« Hindenburg, por exemplo, tinha 245 metros de comprimento e 41 metros de diâmetro,
« alcançando até 135 Km/h. Em 1939 uma terrível explosão em um dirigível, próximo a Nova
« York, pôs fim ao uso deste veículo como transporte comercial.
«

Além disso, quanto a questão 6, pode-se dizer que ao reagir com o oxigênio do ar gera como único resíduo a água, ou seja, além de renovável é não poluente.

Devemos lembrar também de outros combustíveis como gasolina, óleo diesel, etanol e gás natural que, dada a presença do átomo de carbono, geram elevadas quantidades de gás carbônico que, por sua vez, polui a atmosfera e agrava o efeito estufa.

- ★ Professor: Leia o quadro **LEGAL!** com seus alunos. É uma ótima oportunidade de promover a interdisciplinaridade com Química.

«
« **LEGAL!** Combustíveis fósseis são formados pela decomposição natural de materiais
« orgânicos, ou seja, restos de seres vivos como árvores, por exemplo. Embora sejam uma
« excelente fonte de energia, são também os maiores responsáveis pela emissão de gás
« carbônico, principal causador do efeito estufa!
«

Mas e os carros a Hidrogênio, como funcionam?

Aula 5 (primeiro momento): **Trocando ideias:** A importância do hidrogênio

Considerando tudo que foi discutido até aqui, é possível agora fazer inferências sobre o funcionamento dos carros a hidrogênio.

★ Professor: Promova uma discussão coletiva baseada no que foi aprendido e como o carro a hidrogênio faz a queima deste combustível.

Os alunos devem ser capazes de responder que, sendo este gás tão explosivo é possível promover a queima contínua gerando alta quantidade de energia e zero resíduos poluentes.

Embora a água, assim como o gás carbônico, também seja um gás do efeito estufa, esta não agrava a poluição atmosférica.

Aula 5 (segundo momento): **Aplicando o conhecimento:** Exercícios

Para fechamento da investigação fica o debate e a resolução dos exercícios.

Atividades a partir do Experimento:

01. Quais as variáveis de estado do gás hidrogênio neste experimento?

a) Volume =

b) Temperatura =

c) Pressão = $P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor da água}}$ =:

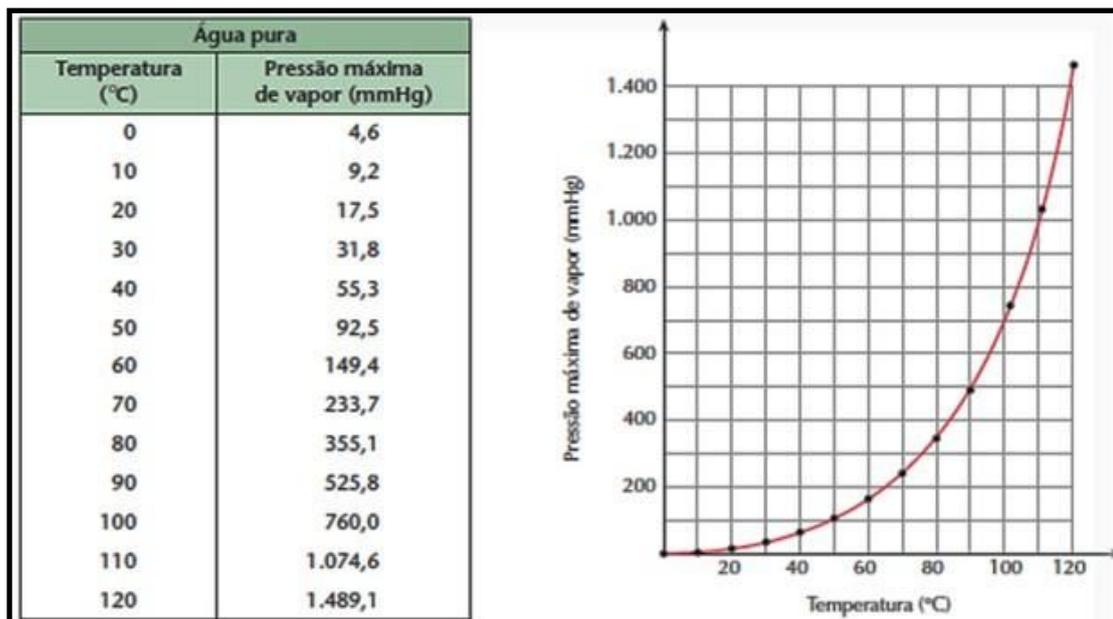


Figura 31: Pressão de vapor da água versus temperatura. (DUTRA, 20--).

02. Estabeleça a equação química balanceada que representa esta reação.
03. O que se pode concluir sobre as propriedades deste gás?
04. Utilizando a constante universal dos gases ($R = 62,3 \text{ mmHg} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol}$) as variáveis de estado, e a equação 03, determine o número de mols de gás hidrogênio produzido.
05. Calcule qual a massa de gás produzido.
06. Calcule quantas moléculas de gás foram produzidas.

Exercícios sobre os Conceitos Abordados:

07. (Unesp-SP) Magnésio metálico reagiu com HCl suficiente para produzir 8,2 L de gás hidrogênio, medidos à temperatura de 27 °C. A pressão do gás foi de 1,5 atmosferas. Quantos mols de hidrogênio foram produzidos?

- a) 0,5
b) 2,73
c) 5,56
d) 380
e) 0,37

08. (Fuvest-SP) Dados referentes aos planetas Vênus e Terra:

	Vênus	Terra
Porcentagem (em volume) de N ₂ na atmosfera	4	80
Temperatura na superfície (K)	750	300
Pressão na superfície (atm)	100	1

A relação entre o número de moléculas de N₂, em volumes iguais, das atmosferas de Vênus e da Terra é:

- a) 0,1
b) 0,28
c) 2
d) 5,7
e) 40

09. (Simulado-FTD) Atualmente, uma das grandes preocupações do ponto de vista ambiental diz respeito à quantidade de gás carbônico (CO_{2(g)}) emitido na queima de combustíveis. Tal gás é um dos poluentes causadores do efeito estufa, e o controle de sua emissão é constantemente debatido em conferências internacionais.

Para ajudar nesse controle, combustíveis alternativos têm sido objeto de pesquisa, no intuito de fornecer uma quantidade de energia elevada e, ao mesmo tempo, diminuir a quantidade de CO₂ emitida.

A tabela a seguir traz os valores de entalpia-padrão de combustão (ΔH^0), para um mol de combustível, a 25 °C, de uma série de substâncias.

Composto	Massa Molar (g/mol)	H ⁰ (KJ/mol)
Hidrogênio (H ₂)	2	-286
Metano (CH ₄)	16	-802

Etanol (C ₂ H ₆ O)	46	-1368
Gasolina (C ₈ H ₁₈)	114	-5471
Biodiesel (C ₂₀ H ₃₆ O ₂)	308	-14784

(Dado: Massa Molar do CO₂ = 44 g/mol)

Um dos modos de se calcular o quanto um combustível é menos nocivo para o meio ambiente é por meio de uma equação que dimensiona o impacto ambiental: 100 vezes a massa (g) de poluente emitida, dividido pela energia gerada (KJ). Quanto menor o impacto ambiental, mais eficiente ambientalmente é o combustível.

Considerando a combustão completa de um grama de cada um desses combustíveis, aquele que apresentará menor impacto ambiental será

- a) hidrogênio.
- b) metano.
- c) etanol.
- d) gasolina.
- e) biodiesel.

Resolução das Atividades e Exercícios:

01. Quais as variáveis de estado do gás hidrogênio neste experimento?

a) Volume = é medido na proveta, através do nível do líquido (ver Figura 29). É importante lembrar que a unidade de volume a ser usada neste cálculo é litro (L) devido ao valor da constante universal dos gases estar também nesta unidade. Para tanto deve-se dividir o valor verificado na proveta por 1000.

b) Temperatura = é medida com o termômetro dentro da água pois a temperatura do gás é igual a da água por estarem em contato. A maioria dos termômetros analógicos mostra a temperatura em Celsius. Se for este o caso, deve-se somar 273 para que esta variável adquira a unidade do sistema internacional e seja condizente com a constante universal dos gases.

c) Pressão = $P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor da água}}$ = o líquido é empurrado para fora da proveta por pressão exercida tanto pelo gás quanto pelo vapor de água. Isso ocorre pois o ácido utilizado foi diluído neste solvente. A pressão do vapor de água pode ser encontrada na Figura 31:

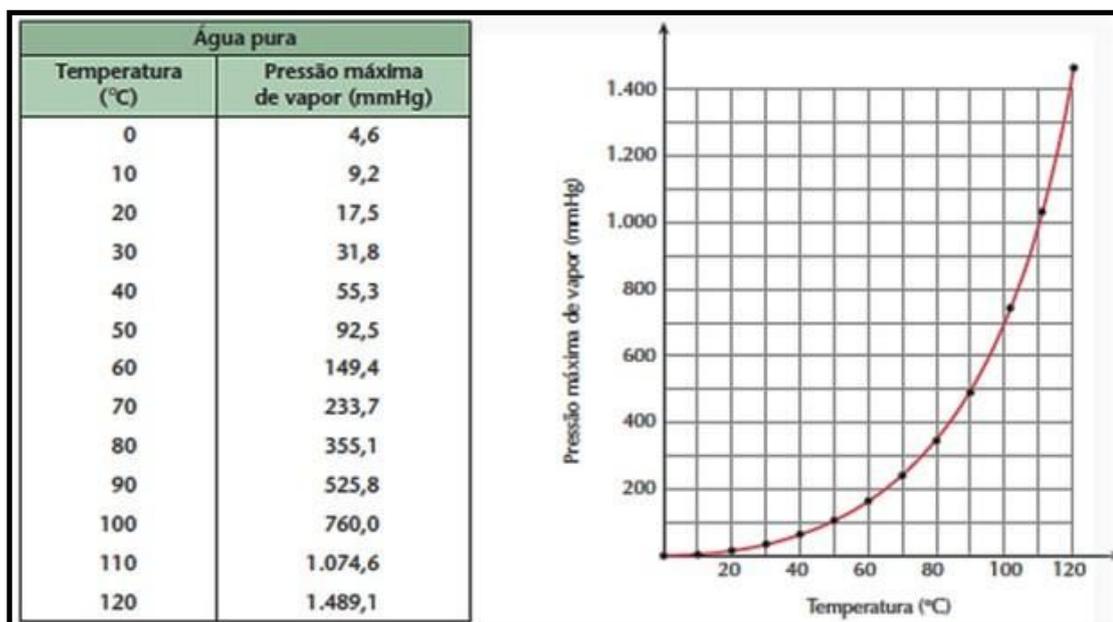


Figura 31: Pressão de vapor da água versus temperatura. (DUTRA, 20--).

A pressão atmosférica, em geral pode ser considerada 760 mmHg.

02. Estabeleça a equação química balanceada que representa esta reação.



03. O que se pode concluir sobre as propriedades deste gás?

É muito leve e explosivo.

04. Utilizando a constante universal dos gases ($R = 62,3 \text{ mmHg} \cdot L / K \cdot \text{mol}$) as variáveis de estado, e a equação 03, determine o número de mols de gás hidrogênio produzido.

Lembrando que por conta da pequena quantidade de gás produzida, este valor deve ser baixo.

Segue exemplo:

$$(760 - 31,8) \cdot 0,04 = n \cdot 62,3 \cdot 303$$

$$n = 0,0015 \text{ mol}$$

05. Calcule qual a massa de gás produzido.

$$2 \text{ g (massa molar)} - 1 \text{ mol}$$

$$m - 0,0015 \text{ (resposta obtida na questão 04)}$$

$$m = 0,03 \text{ g}$$

06. Calcule quantas moléculas de gás foram produzidas.

$$6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} - 1 \text{ mol}$$

$$x - 0,015 \text{ (resposta obtida na questão 04)}$$

$$x = 0,009 \cdot 10^{23} \text{ moléculas ou } 9 \cdot 10^{20} \text{ moléculas}$$

07. A

É possível determinar o número de mols através de análise dimensional, assim:

$$p = 1,5 \text{ atm} \quad V = 8,2 \text{ L} \quad R = 0,08 \text{ atm} \cdot L / K \cdot \text{mol} \quad T = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$n = \frac{0,08 \text{ atm} \cdot L \cdot 300 \cdot K}{K \cdot \text{mol} \cdot 8,2 \cdot L \cdot 15 \cdot \text{atm}} = \frac{2}{\text{mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

08. C

Como o número de moléculas é diretamente proporcional ao número de mols, temos que:

$$\frac{n_{Vênus}}{n_{Terra}} = \frac{\frac{P_{Vênus} \cdot V_{Vênus}}{R \cdot T_{Vênus}}}{\frac{P_{Terra} \cdot V_{Terra}}{R \cdot T_{Terra}}} = \frac{\frac{100 \cdot 4}{R \cdot 750}}{\frac{1 \cdot 80}{R \cdot 300}} = 2$$

09. A

$$\text{Hidrogênio} = \frac{286 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g}} = 143 \text{ KJ/g}$$

$$\text{Metano} = \frac{802 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot 16 \text{ g}} = 50,125 \text{ KJ/g}$$

$$\text{Etanol} = \frac{1368 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot 46 \text{ g}} = 29,74 \text{ KJ/g}$$

$$\text{Gasolina} = \frac{5471 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot 114 \text{ g}} = 47,99 \text{ KJ/g}$$

$$\text{Biodiesel} = \frac{14784 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot 308 \text{ g}} = 48 \text{ KJ/g}$$

Esse cálculo corrobora tudo que foi discutido nas aulas anteriores, ou seja, que o hidrogênio é um combustível limpo e gera grande quantidade de energia.

Considerações Finais

Com este material esperamos atender algumas expectativas dos professores de Física e Química no sentido de promover o diálogo, a troca de experiências e o uso comum do conhecimento.

Diferente da Física, a Química algumas vezes exige alguns reagentes um pouco mais sofisticados, difíceis de encontrar, porém, aqueles necessários a este trabalho são facilmente encontrados no comércio.

Esperamos também com este trabalho mostrar como conceitos de Química e Física podem ser trabalhados juntos em contextos diferentes do ensino tradicional.

No cenário educacional em que vivemos hoje é imprescindível que não só as disciplinas sejam permeáveis, mas que também os professores dialoguem. Embora a dinâmica escolar seja engessada aos horários e a grade, é possível desenvolver um trabalho potencialmente interdisciplinar.

Referências

Aprendiz de Feiticeiro. Direção: Jon Turteltaub. 2010.

ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-Química: Fundamentos.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

AUTOESPORTE. **Toyota Mirai movido a hidrogênio bate recorde de autonomia.** 2015. Disponível em:
<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2015/07/toyota-mirai-movido-hidrogenio-bate-recorde-de-autonomia.html>. Acesso em 21 de abr. de 2019.

BELLUCCO, A. CARVALHO, A. M. P. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 31, n. 1, abr. 2014.

BEM ESTAR. **TMB.** Disponível em:
https://bemstar.globo.com/index.php?modulo=avaliacao_fisica_tmb. Acesso em: 09 de jul. de 2019.

BRADY, J. E. RUSSELL, J. B. HOLUM, J. R. **Química: A Matéria e suas transformações.** v. 1. 3ª Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

CARLI, E. **Calor específico água e óleo.** 2013. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=0NBGoySNsBk>. Acesso em 05 de out. de 2019.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequencias de ensino investigativas.** In Carvalho, A. M. P. (orgs.) Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula, São Paulo: Cengage Learning. 2013.

COSTA, R. C. **Wafer Dallas.** 2011. Disponível em:
<http://rafaelbourne.blogspot.com/2011/03/wafer-dallas.html>. Acesso em: 20 de abr. de 2019.

DUCHEN. Disponível em: http://duchen.com.br/?page_id=247. Acesso em 03 de jan. de 2020.

DUTRA, N. L. **Propriedades Coligativas.** Disponível em:
<<http://educacao.globo.com/quimica/assunto/solucoes/propriedades-coligativas.html>>
Acesso em: 27 jun. 2019.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Homens de Honra. Direção: George Tillman Jr. Produção: Robert Teitel. 20th Century Fox (EUA): 2001, 1 DVD.

MANGUEIRA G. L. **Fluidos.** Disponível em:
<https://slideplayer.com.br/slide/11947435/#>. Acesso em: 17 de jan. de 2019.

MANUAL DO MUNDO. **Como encher bexiga dentro da garrafa sem assoprar.** Disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA>. Acesso em: 05 de out. de 2019.

MORAES, T. S. V.; CARVALHO A. M. P. **Ensino por Investigação: uma estratégia didática para o ensino de ciências com crianças pequenas dos anos iniciais do ensino fundamental**. Espaço Pedagógico. v. 25, n.2. 2018.

MUNFORD, D. LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação**. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v. 09, n. 01. 2007.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1997. v. 1.

PILLA, L. **Físico-Química 1**. Rio de Janeiro: LTC, 1979.

PONTOCIÊNCIA. **Implodindo uma latinha de alumínio**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bea-jfqYGDU>. Acesso em: 05 de out. de 2019.

PONTOCIÊNCIA. **Transformações Gasosas**. 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CdAVW5D58Eg>. Acesso em: 05 de out. de 2019.

SZKLARZ, E.; GARATTONI, B. **A verdade sobre as calorias**. Revista Superinteressante. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/saude/a-verdade-sobre-as-calorias/>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

University of Colorado Boulder. Phet Interactives Simulations. **Estados da Matéria: Básico**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/states-of-matter-basics. Acesso em 05 de out. de 2019.

University of Colorado Boulder. Phet Interactives Simulations. **Formas de Energia**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes. Acesso em 05 de out. de 2019.

University of Colorado Boulder. Phet Interactives Simulations. **Propriedades do Gás**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties. Acesso em 05 de out. de 2019.

WYLEN, V; SONNTAG, R. E; GORDON, J. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. Brasília: INL, 1973.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades Investigativas no Ensino de Ciências**. Ensaio. Belo Horizonte. v. 13, n. 03. 2011.