



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Cristina Evaristo Silva

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

Blumenau
2020

CRISTINA EVARISTO SILVA

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

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Blumenau no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Natálio Chavero.

Blumenau
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Cristina Evaristo
Energia através de uma Perspectiva Interdisciplinar
entre Física e Química / Cristina Evaristo Silva ;
orientador, Lucas Natálio Chavero, 2020.
165 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, Blumenau, 2020.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Física, Química,
Interdisciplinaridade. I. Chavero, Lucas Natálio . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Cristina Evaristo Silva

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

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Lucas Natálio Chavero, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcelo Dallagnol Alloy, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Zapp, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Física pelo programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Prof. Esley Scatena Gonçalves, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Lucas Natálio Chavero, Dr.

Orientador

Blumenau, 2020

AGRADECIMENTOS

Segundo a doutrina filosófica Panteísmo, Deus é o Universo e tudo que nele está inserido, como o ser humano e aquilo que o cerca. É onipotente e onisciente e faz com que todas as coisas à nossa volta conspiram para nosso bem.

Não foi a primeira vez que pleiteei uma vaga no curso de mestrado. Não foi nem sequer a segunda vez, mas sim a terceira. Reconheço hoje que a aprovação chegou na hora certa. Em outro momento não estaria tão preparada nem disporia de tempo suficiente.

É o universo, trabalhando para que tudo não apenas dê certo, mas também para que aconteça na hora oportuna. Desta maneira, como não poderia deixar de ser, sou grata a Deus, pela sublime chance de estudar, aprender, evoluir e crescer que o programa proporcionou.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por conta disso agradeço a esta instituição pela concessão de importante bolsa de estudos, que possibilitou maior dedicação à pesquisa.

Sou ainda extremamente agradecida a todos os abnegados professores deste curso, com reconhecimento destacado ao Prof. Dr. Lucas Natálio Chavero, pela paciência e comprometimento em tornar este trabalho realidade.

Deixo também minha gratidão aos colegas de turma do mestrado e aos colegas de trabalho da Escola de Educação Básica Padre José Maurício com destaque à colega Sandra Pottmeier e, em especial, à Diretora Prof^ª Simone Raquel dos Santos que, juntamente com meus alunos, viabilizou a aplicação de meu produto didático.

Finalmente, a ele que está ao meu lado há quase vinte anos, na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, conforme prometido na ocasião do casamento, Marcelo Eduardo Lubaski, meu mais sincero obrigada!

RESUMO

Este trabalho é resultado da construção e aplicação de duas Sequências de Ensino Investigativas, que tratam da Energia através de um foco interdisciplinar entre Física e Química para o segundo ano do Ensino Médio. Seu objetivo geral é proporcionar a professores da área das Ciências da Natureza uma ferramenta didática diferenciada para abordagem do tema *Energia* de forma global e de acordo com as sugestões da BNCC. A primeira sequência de ensino é voltada aos alimentos e como estes podem fornecer energia ao corpo. A segunda trata da energia gerada pela queima do gás hidrogênio e uma análise mais apurada das propriedades dos gases em geral. Ambas envolvem recursos variados como textos, vídeos e simulações, com destaque para as atividades práticas, que possibilitam não apenas a exploração interdisciplinar do tema, mas também a participação ativa dos alunos em todas as etapas. Durante sua aplicação foi possível observar que os conceitos pertinentes ao tema *Energia* foram construídos em conjunto dentro das disciplinas de Física e Química, os alunos desenvolveram maior autonomia e a aula tornou-se mais atrativa.

Palavras-Chave: Interdisciplinaridade. Calor. Energia. Sequência de Ensino Investigativa. Físico-Química.

ABSTRACT

This work is the result of the construction and application of two Investigative Teaching Sequences for the second year of High School that treats the concept of energy from an interdisciplinary perspective between Physics and Chemistry. Its general objective is to provide a differentiated didactic tool for teachers of Natural Sciences considering a global approach of Energy in accordance with the suggestions of the BNCC. The first teaching sequence is about food and how it can provide energy to the body. The second deals with the energy generated by burning hydrogen gas and the properties of the gases. Both use diverse tools like texts, videos and simulations, highlighting the practical activities, which allow not only the interdisciplinary exploration of the theme, but also the active participation of students in all stages. During its application it was possible to observe that the concepts of energy were constructed together in the context of Physics and Chemistry, the students developed greater autonomy and the class became more attractive.

Keywords: Interdisciplinarity. Heat. Energy. Investigative Teaching Sequence. Physical chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Material sólido reagindo a tensões tangenciais	22
Figura 02: Gráfico da Força F em função do deslocamento x	23
Figura 03: Conversão de unidades de pressão	25
Figura 04: Conversão de unidades de volume	25
Figura 05: Três corpos A, B, C, em equilíbrio térmico entre si.	26
Figura 06: Conversão das principais unidades de unidades de temperatura	26
Figura 07: Trabalho de um gás	28
Figura 08: Esquema da experiência de Joule	30
Figura 09: Recipiente de paredes diatérmicas	31
Figura 10: Gráfico $p \times V$ para transformações gasosas	37
Figura 11: Alunos que participaram do projeto	41
Figura 12: Simulador de Estados Físicos	45
Figura 13: Simulador Formas de Energia, com destaque da aba Sistemas de Energia	47
Figura 14: Tijolo inserido na água	48
Figura 15: Exemplo de Tabela de Informação Nutricional de bolacha tipo <i>Wafer</i>	50
Figura 16: Experimento sendo executado	53
Figura 17: Tabela de dados obtidos no experimento	55
Figura 18: Variáveis de Estado do Gás	61
Figura 19: Transferência de energia do tijolo aquecido para a água resfriada	85
Figura 20: Quantidade de símbolos de energia mostrados pelo simulador	85
Figura 21: Comparativo entre água e óleo	86
Figura 22: Texto da Revista Superinteressante	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Características das disciplinaridades	15
Quadro 02 - Etapas da Sequência de Ensino Investigativa	17
Quadro 03 - Informações sobre aplicação do projeto	40
Quadro 04 - Aula 1: Sondagem das Concepções Prévias (Etapa a)	42
Quadro 05 - Aula 1: Sondagem das Concepções Prévias (Etapa b)	43
Quadro 06 - Aula 2: Planejando a Investigação	44
Quadro 07 - Aula 3: Temperatura	45
Quadro 08 - Aula 4: Energia	47
Quadro 09 - Aula 5: Calor	48
Quadro 10 - Aula 6: Recapitulação	50
Quadro 11 - Aula 7: Atividade Experimental	52
Quadro 12 - Aula 8: Discussão e Conclusão	55
Quadro 13 - Aula 1: O Desafio	58
Quadro 14 - Aula 2: Estados de Agregação	59
Quadro 15 - Aula 3: Variáveis de Estado	61
Quadro 16 - Aula 4: Produção de Hidrogênio	63
Quadro 17 - Aula 5: Análise dos Dados	65
Quadro 18 - Aula 6: Exercícios de Revisão	67
Quadro 19 - Questionário sobre as concepções alternativas dos estudantes da Parte 1	76
Quadro 20 - Questionário sobre as concepções alternativas dos estudantes da Parte 2	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA, INTERDISCIPLINARIDADE E METODOLOGIA	13
2. 1. REVISÃO DA LITERATURA	13
2. 2. AS DIFERENTES RELAÇÕES ENTRE AS DISCIPLINAS	14
2. 3. METODOLOGIA	16
2. 3. 1. Organização do Material com base na SEI	17
3 ASPECTOS TEÓRICOS: MATÉRIA E ENERGIA NOS ÂMBITOS DA FÍSICA E DA QUÍMICA	20
3. 1. AS DIFERENTES FASES DA MATÉRIA	20
3. 2. TRABALHO NO CONTEXTO MECÂNICO	22
3. 3. ENERGIA	23
3. 4. VARIÁVEIS DE ESTADO	24
3. 5. TRABALHO NO CONTEXTO TERMODINÂMICO	27
3. 6. CALOR E A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA	29
3. 7. TROCAS DE ENERGIA	32
3. 8. ENTALPIA E SUA RELAÇÃO COM O CALOR	34
3. 9. TRANSFORMAÇÕES GASOSAS	35
4 CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO; APLICAÇÃO, DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
4. 1. PARTE 1: ENERGIA E OS ALIMENTOS	41
Aula 1: O desafio e a Sondagem das Concepções Prévias	42
Aula 2: Planejando a Investigação	44
Aula 3: Temperatura	45
Aula 4: Energia	47
Aula 5: Calor	48
Aula 6: Recapitulação	50
Aula 7: Atividade Experimental	52
Aula 8: Discussão e Conclusão	55
4. 1. 1. DISCUSSÃO E ANÁLISE GERAL DA APLICAÇÃO DA PARTE 1	56
4. 2. PARTE 2: ENERGIA E OS GASES	57
Aula 1: O Desafio e as concepções prévias	58
Aula 2: Estados de Agregação	59
Aula 3: Variáveis de Estado	61
Aula 4: Produção de Hidrogênio	63
Aula 5: Análise dos Dados	65
Aula 6: Exercícios de Revisão	67

4. 2. 1. DISCUSSÃO E ANÁLISE GERAL DA APLICAÇÃO DA PARTE 2	68
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO QUE ABORDA AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES (PARTE 1)	75
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO QUE ABORDA AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES (PARTE 2)	77
APÊNDICE C – RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE ENERGIA (PARTE 1)	79
APÊNDICE D – TRANSCRIÇÕES DOS PRINCIPAIS MOMENTOS DAS AULAS DA PARTE 1	83
APÊNDICE E - TRANSCRIÇÕES DOS PRINCIPAIS MOMENTOS DAS AULAS DA PARTE 2	91
APÊNDICE F - RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE GASES (PARTE 2)	94
APÊNDICE G – PRODUTO DIDÁTICO	97
ANEXO A - TEXTO UTILIZADO PARA O CÁLCULO DA NECESSIDADE DIÁRIA DE CONSUMO DE CALORIAS	161
ANEXO B - TEXTO DE INTRODUÇÃO DA PARTE 2	162
ANEXO C - CURIOSIDADES	163

1 INTRODUÇÃO

As Ciências da Natureza, que abrangem a Química, a Física e a Biologia vêm atualmente sendo tratadas, nos vários segmentos de ensino, de forma estanque e isolada, não havendo qualquer diálogo entre as mesmas (SILVA e RODRIGUES, 2009; MONTEIRO *et al.*, 2016). As atividades experimentais, tão importantes ao ensino destas disciplinas, ficam submersas em uma imensidão de conceitos que não se mostram significativos quando não há interlocução com o cotidiano do aluno (TREVISAN e MARTINS, 2008; SANTOS e FERREIRA, 2018) e muitas vezes o próprio docente não está preparado para um trabalho diferente desta realidade (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2015; ÁVILA *et al.*, 2017; GUEDES, MENDES e OMENA, 2019).

Assim ficam evidentes duas necessidades ao atual cenário da sala de aula: a primeira é o entrelaçamento das disciplinas de uma mesma área, ou seja, a prática da interdisciplinaridade e a segunda, consequência da primeira, é o aprendizado através de temas, em que o ponto de partida é o tópico macro, comum a várias disciplinas, onde é preciso articular os conhecimentos de uma disciplina com aqueles de outras áreas do saber científico (BRASIL, 2013), eleger eixos temáticos, pertinentes a todas as disciplinas da área e que sejam altamente relevantes do ponto de vista da aprendizagem para promover um ensino efetivo e significativo para o aluno.

A BNCC, Base Nacional Comum Curricular, que deve ser implementada até 2021, tem pré-determinados temas que devem ser trabalhados em cada área de conhecimento pois é o “documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica [...]” (BRASIL, 2016). Isso significa que não será mais possível que o ensino continue disciplinarizado. Para que isso ocorra, o conhecimento deve ser construído de forma global e não fragmentada, onde as disciplinas dialoguem e convirjam a um tema em comum. Daí a necessidade de projetos interdisciplinares, sendo estas práticas que fomentam este tipo de ação pedagógica.

Outro fator importante para que o processo de ensino seja eficiente é a aplicação de atividades práticas que desempenhem papel fundamental na aprendizagem. É preciso trazer a experimentação à tona na sala de aula, ainda que de forma simples, com materiais alternativos ou de baixo custo. A prática é muito mais que uma opção de metodologia, é uma sustentação para o ensino de Ciências e também uma maneira de promover a interdisciplinaridade e, por consequência, um ensino significativo (BORGES, 2006).

Existem muitas dificuldades de implantação destas rotinas nas disciplinas de Física e Química. Alguns dos obstáculos são a falta de tempo para planejamento e de formação específica dos professores destas áreas, além de inúmeros outros problemas que impedem a aplicação de práticas interdisciplinares (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007). Em vista disso, os conteúdos acabam sendo tratados sem articulação com os demais componentes das áreas de conhecimento (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007; MONTEIRO *et al.*, 2016; COOPER e KLYMKOWSKY, 2013).

Considerando este contexto, é fundamental disponibilizar aos docentes artifícios que sirvam como base a esta nova conjuntura de educação, global, integradora e que tem na experimentação um de seus pilares, pois é este percurso que leva o estudante a desenvolver habilidades e construir conhecimento de forma integral e não fragmentada.

Frente a este quadro, será apresentado um Produto Didático que contém duas Sequências de Ensino Investigativas (mais detalhes sobre esta metodologia serão apresentados adiante na seção 2. 3.) que tem o objetivo de:

- Fomentar o trabalho dos professores de Física e/ou Química em suas práticas pedagógicas;
- Promover a interdisciplinaridade entre essas duas disciplinas;
- Propor atividades interativas e experimentais como recurso de ensino.

Para explorar o tema *Energia* (uma das propostas da BNCC), além das atividades experimentais (de cunho potencialmente interdisciplinares), são apresentados recursos didáticos como vídeos, textos e simuladores, de forma a prover os professores de Física e/ou Química de meios para a prática pedagógica em conjunto.

Adiante, encontrar-se-á nesta dissertação, pela ordem, uma Revisão da Literatura, as Relações entre uma e outra disciplina, a Metodologia e os Aspectos teóricos naquilo que tange o tema *Matéria e Energia* do ponto de vista interdisciplinar; descrições de como o produto foi criado, construído e aplicado, assim como as discussões dos resultados obtidos da aplicação. O fechamento se dá com importantes considerações a respeito de todos os tópicos tratados.

2 REVISÃO DA LITERATURA, INTERDISCIPLINARIDADE E METODOLOGIA

2.1. REVISÃO DA LITERATURA

Embora já existam trabalhos com objetivos semelhantes, de um modo geral, julgando a relevância do tema *Interdisciplinaridade*, observa-se que as pesquisas desenvolvem-se de forma acanhada, seja pelo fato da BNCC ser ainda algo novo no cenário pedagógico, seja pelas dificuldades diversas de aplicação efetiva desta metodologia (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007).

Dentre alguns trabalhos revisados, é possível destacar o de Juliano de Almeida Elias, intitulado *“Física, Química e História: Uma Proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio”* (ELIAS, 2015), que descreve a aplicação de minicursos no contraturno da escola para estudar temas como *Energia*, através de discussões sob várias perspectivas como, por exemplo, os meios encontrados pelo ser humano da antiguidade para suprir suas demandas energéticas. Também é possível ressaltar a pesquisa *“Interdisciplinaridade e o Ensino de Ciências: Uma Análise da Produção Recente”* (LAPA et al., 2011) em que os autores estabelecem os conceitos de transdisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e multidisciplinaridade, fazendo uma revisão de dez anos sobre interdisciplinaridade (entre 2000 e 2010) de artigos publicados em 5 periódicos, salientando também a importância de se construir um ensino interdisciplinar em Ciências. Já o trabalho *“Tecnologias Baseadas na Luz: Abordagem Contextualizada e Interdisciplinar entre Física e Química”* (CIPRIANO, 2017), desenvolve um Produto Interdisciplinar Didático composto por um manual de construção e por um esquema de funcionamento de um espectrofotômetro, para aplicação de uma sequência didática que estabelece relações entre concentração de soluções e suas respectivas absorvâncias. *“Atividades Experimentais no Ensino de Física tendo mapas conceituais como instrumento de Avaliação”* (RODRIGUES, 2016) estuda o tema *Energia* em suas diferentes formas, e utiliza, ao fim de cada aula, a construção de mapas conceituais para avaliar a aprendizagem da turma. Como atividade experimental o autor propõe a elaboração de um cardápio saudável, sendo que, para tanto, os alunos precisam fazer uma vasta pesquisa dentro das disciplinas de Química e Biologia (uma troca de informações). Porém, o trabalho que merece maior ênfase é *“Interdisciplinaridade entre Física e Biologia em turmas de 8º ano do Ensino Fundamental”* (VARELA, 2016), o qual desenvolve uma excelente sequência didática dentro de um único tema, a *Óptica*, promovendo assim metodologias fortemente interdisciplinares como a

construção de uma maquete do olho humano e de uma câmara escura. O trabalho também discorre a respeito da necessidade do ensino interdisciplinar e apresenta um questionário a ser aplicado ao fim de cada aula como fechamento.

2. 2. AS DIFERENTES RELAÇÕES ENTRE AS DISCIPLINAS

A relação disciplina-disciplina pode ser mais ou menos estreita, entretanto, é de fundamental importância que estas sejam bem definidas para que o trabalho seja eficaz naquilo a que se propõe. De acordo com algumas referências apresentadas até aqui (MONTEIRO *et al.*, 2016; AUGUSTO e CALDEIRA, 2007; PICOLO *et al.*, 2012; BRASIL, 2016), é possível observar uma preocupação comum a respeito das relações que devem existir entre as disciplinas escolares, todavia, para alguns profissionais de educação esses aspectos ainda permanecem bastante vagos, ainda mais quando se trata dos diferentes tipos de interações possíveis entre as disciplinas. Tais interações vão da mais tênue comunicação até aquelas que apresentam forte interdependência.

Desta forma, para evitar que o trabalho torne-se apenas uma sobreposição de conteúdos sem interlocução, é mais do que necessário, antes de tudo, definir claramente alguns conceitos que servirão de alicerces para a construção do projeto, a começar com o termo “disciplina” que passa a ser o equivalente a “ciência”. Já a palavra “disciplinaridade” trata de um “conjunto sistemático e organizado de conhecimentos que apresentam características próprias nos planos do ensino, da formação, dos métodos e das matérias; esta exploração consiste em fazer surgir novos conhecimentos que se substituem aos antigos” (JAPIASSU, 1976).

Por outro lado, as modalidades exigem ainda mais atenção e serão mostradas no Quadro 01, em ordem crescente de complexidade. Além destas, outras definições ainda mais específicas como a citada abaixo também podem ser seguidas.

[...] a interdisciplinaridade pressupõe a transferência de métodos de uma disciplina para outra. Ultrapassa-as, mas sua finalidade inscreve-se no estudo disciplinar. Pela abordagem interdisciplinar ocorre a transversalidade do conhecimento constitutivo de diferentes disciplinas, por meio da ação didático-pedagógica mediada pela pedagogia dos projetos temáticos. Estes facilitam a organização coletiva e cooperativa do trabalho pedagógico, embora sejam ainda recursos que vêm sendo utilizados de modo restrito e, às vezes, equivocados. A interdisciplinaridade é, portanto, entendida aqui como abordagem teórico-metodológica em que a ênfase incide sobre o trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento, um real trabalho de cooperação e troca, aberto ao diálogo e ao planejamento (BRASIL, 2013).

Quadro 01 - Características das disciplinaridades.

Modalidade	Características	Esquema
Multidisciplinaridade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Exige recursos de várias disciplinas; ✓ Não há coordenação nem cooperação; ✓ As relações entre as disciplinas não aparecem; ✓ Objetivos múltiplos; ✓ A solução de um problema só exige informações tomadas de empréstimo de uma ou mais especialidades, ou seja, estuda um objeto sob diferentes ângulos; ✓ Sistema de um nível. 	
Pluridisciplinaridade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Objetivos múltiplos e distintos; ✓ Dá margem cooperação; ✓ Sem coordenação; ✓ Sistema de um nível. 	
Interdisciplinaridade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Há reciprocidade entre as disciplinas; ✓ Objetivos múltiplos; ✓ Há nível hierárquico; ✓ Há coordenação procedendo do nível superior; ✓ Há cooperação; ✓ Sistema de dois níveis. 	
Transdisciplinaridade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Objetivos múltiplos; ✓ Há coordenação com vistas a uma finalidade comum; ✓ Sistema total sem fronteiras; ✓ Sistema de níveis múltiplos. 	

Fonte: JAPIASSU (1976).

As características e limitações de cada modalidade, mostradas no Quadro 01 (acima), indicam que o trabalho interdisciplinar, diferentemente da multi ou pluridisciplinaridade, vai além do empréstimo de informações mas busca a construção do conhecimento de forma concomitante entre as disciplinas envolvidas com coordenação de uma delas.

A BNCC, por sua vez, propõe temas centrais de estudo das Ciências da Natureza como *Matéria e Energia*, por exemplo, bastante amplos, que deixam margem a várias modalidades de trabalho.

Sendo assim, é fato que os professores precisam de completo entendimento do que é o ensino interdisciplinar, suas características, suas limitações e particularidades, adequando o tema a estes moldes de maneira a oportunizar a aprendizagem global.

2. 3. METODOLOGIA

Cada pessoa tem seus próprios métodos de aprendizagem, técnicas pessoais que ajudam a memorizar, entender conceitos e resolver problemas. Mas independente da predisposição de cada estudante, é consenso que as metodologias de aprendizagem ativa são mais eficazes e tornam o tema abordado muito mais significativo, criando um aluno confiante, colaborativo e desenvolvendo senso crítico e autonomia (GAROFALO, 2018).

Com esta visão do processo, optou-se pela construção de uma *Sequência de Ensino Investigativa (SEI)*, metodologia dinâmica, que evidencia o aluno como protagonista, ativo e participativo na sua própria aprendizagem, deixando de ser meramente informado e tornando-se agente da construção de seu próprio conhecimento, sendo “[...] sua tarefa crucial ser parceiro de trabalho, não ouvinte domesticado” (DEMO, 1998). O docente, não menos importante, é o guia, orientador que mantém o educando no caminho certo, ou seja, “[...] o professor deixa de atuar como transmissor de conceitos [...]” (MORAES e CARVALHO, 2018) como ocorre tradicionalmente.

As SEIs têm ganhado força no ambiente da pesquisa em educação já que “[...] possibilita[m] o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles [...]” (ZOMPERO e LABURU, 2011). Desta forma, em oposição às metodologias tradicionais nas quais os conceitos são transferidos ao público escolar que os utilizam para resolver os problemas, em uma sequência de ensino investigativa o início do estudo reside no problema. A problematização de um determinado tema é que vai gerar a busca pelo conhecimento, a fim de se encontrar uma resolução para o mesmo através da emissão de hipóteses; planejamento para a realização do processo investigativo; interpretação e comunicação das novas informações (MORAES e CARVALHO, 2018), em outras palavras, esse processo “[...] propicia o surgimento de ideias que são justificadas até chegar a uma explicação e com isso é potencializada a aprendizagem.” (BELLUCCO e CARVALHO, 2014)

O caráter prático das Ciências da Natureza requer uma organização de ensino mais ativa, ilustrativa, eficaz e próxima a realidade do discente, por conta disso, a SEI foi a metodologia escolhida, uma vez que proporciona todas estas condições para o desenvolvimento desse trabalho

2. 3. 1. Organização do Material com base na SEI

Escolhida a metodologia mais efetiva e conveniente, a etapa seguinte é a problematização do tema isto é, “[...] inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e dê condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático” (CARVALHO, 2013). Logo, para uma observação mais clara do processo, as principais etapas que a sequência de ensino deve envolver encontram-se relacionadas no Quadro 02 abaixo.

Quadro 02 - Etapas da sequência de ensino investigativa.

Ação	Descrição
a) Escolha do objeto de estudo e do problema.	É a formulação do problema, a elaboração do desafio que deverá ser resolvido. Deve ser tão estimulante quanto possível.
b) Expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses.	É a análise prévia do professor sobre as ideias que os alunos já trazem consigo. Esta etapa é essencial para auxiliar o docente a decidir os rumos que a investigação deverá tomar
c) Planejamento da investigação.	É quando o professor pedirá ajuda à turma para estabelecer a busca por resposta, ouvirá as sugestões e também recomendará alguns recursos, em doses pequenas, de maneira que a descoberta de uma informação gere a busca de outra, criando aquilo que o próprio nome da metodologia propõe, ou seja, uma sucessão de pistas que, embora respondam a determinada questão, criam também novas perguntas. O docente induz a turma a recorrer a prática como recurso de aprendizagem pois “[...] O planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto” (CARVALHO, 2013), além disso, o uso de um simulador (experimento virtual) é uma excelente forma de motivar e gerar novos questionamentos.
d) Nova Informação.	É a etapa subsequente a um experimento ou um simulador virtual. Viabiliza a coleta de uma série de novas informações que devem ser detalhadas e organizadas pelas equipes, sob orientação do docente. Objetiva-se que os estudantes “deem prioridade às evidências ao responder questões” (MUNFORD e LIMA, 2007).

e) Interpretação dos resultados e conclusões.	É a fase em que os alunos utilizam os dados coletados do experimento para responder à algumas questões. A meta é que os discentes “formulem explicações a partir de evidências” (MUNFORD e LIMA, 2007) e pode ser auxiliada por uma atividade como um questionário, por exemplo.
f) Expressão e comunicação dos resultados.	Ocorrerá quando as equipes compartilharem informações e compararem esses dados entre si. A classe deve avaliar “[...] Suas explicações à luz de outras alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico; comuniquem e justifiquem explicações propostas” (MUNFORD e LIMA, 2007).
g) Recapitulação e síntese.	É o momento em que ocorre “[...] A passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo [...] Através de uma série de pequenas questões a tomar consciência [o aluno] de como resolveu o problema e porque ele deu certo, ou seja, de suas próprias ações” (CARVALHO, 2013). Assim, “[...] Após a resolução do problema e a construção da explicação deve-se introduzir [...] Uma atividade de contextualização e aprofundamento do conteúdo, onde se vê a aplicação do conteúdo em um contexto social” (BELLUCCO e CARVALHO, 2014).
h) Aplicação a novas situações.	É a fase final onde os exercícios que abordam o problema devem ser resolvidos, em equipe ou individualmente, em sala ou em casa e proporcionam a aplicação do novo conhecimento, construído a partir da investigação pois “é preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos” (CARVALHO, 2013).

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2019).

Dessa forma, ao fim de todo este encadeamento de ações, espera-se que, além dos objetivos didáticos propostos para o conteúdo em questão, outros também tenham sido alcançados, como a “participação ativa do estudante” (BELLUCCO e CARVALHO, 2014); a evolução da linguagem cotidiana para a científica; a criação de ambiente propício à investigação; a manipulação de materiais pelos alunos; a análise e triagem das diversas hipóteses e pontos de vista, em outras palavras, faz-se com que os alunos “avaliem suas explicações à luz de outras alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico” (MUNFORD e LIMA, 2007).

Considerando o exposto acima, acredita-se que a sequência de ensino investigativa é uma metodologia apropriada para atingir as metas as quais este produto didático se propõe. Será

apresentada uma sucessão de trabalho dinâmica e interativa, não cansativa, bastante atrativa e diversificada, onde cada abordagem executada deixará claro qual etapa do processo está sendo explorada, de maneira que todos os personagens, docentes ou discentes, encontrem seu lugar e seu papel, atuando assim, de forma constantemente interdisciplinar.

3 ASPECTOS TEÓRICOS: MATÉRIA E ENERGIA NOS ÂMBITOS DA FÍSICA E DA QUÍMICA

Para as Ciências da Natureza os temas propostos pela BNCC são: *Vida e Evolução*; *Terra e Universo* e *Matéria e Energia* (BRASIL, 2016), dos quais esse último é foco deste projeto, haja vista que apresenta maior sinergia entre as disciplinas de Física e Química, uma vez que dois conceitos de suma importância, vêm ao encontro dos objetivos do produto didático proposto, além de ter enorme potencial interdisciplinar, pois engloba conteúdos muito estudados tanto em uma quanto em outra disciplina.

Além disso, as Ciências da Natureza apresentam como primeira competência específica

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2016),

que demonstra a importância do estudo desse tema para essa área de conhecimento.

A Química, que estuda a matéria e suas transformações, possui a área específica de Físico-Química, que por sua vez analisa os princípios físicos sobre os quais a Química se fundamenta: “A físico-química procura explicar as propriedades da matéria em termos de conceitos fundamentais como átomos, elétrons e energia” (ATKINS e DE PAULA, 2011).

Por outro lado, a Física é a ciência que busca descrever os fenômenos que ocorrem na natureza (do grego: *physis* que significa *natureza*), prever sua ocorrência e estudar sua evolução (JUNIOR *et al.*, 2015). Dessa maneira, é possível observar certa semelhança entre os conceitos de matéria e energia nos tratamentos dados pela Física e pela Química, de modo que esta temática pode ser utilizada numa abordagem interdisciplinar.

3. 1. AS DIFERENTES FASES DA MATÉRIA

Matéria é tudo que possui massa e ocupa lugar no espaço. As substâncias químicas são matéria, formadas por átomos que, quando de mesmo elemento químico são denominadas *Substância Simples* e quando de elementos químicos diferentes chamadas de *Substância Composta* (RUSSELL, 1996).

Pode ainda, a matéria, apresentar-se sob três fases distintas: *Sólido*, *Líquido* e *Gás*, podendo estes dois últimos serem também chamados de fluidos, dada sua propriedade de escoar (NUSSENZVEIG, 1997).

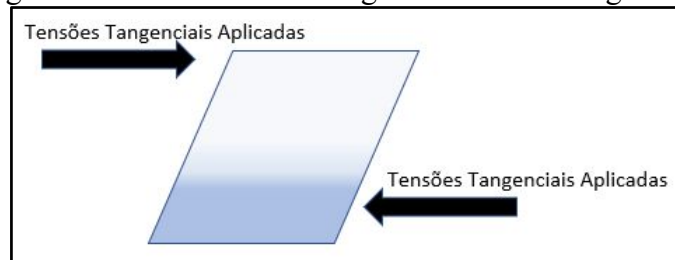
Nos *sólidos* o volume e a forma são praticamente fixos dado que sua expansão com o aumento de temperatura é muito baixa, comparada a de um gás (BRADY e RUSSELL, 2002), e independentes da forma e tamanho dos recipientes que os contém. Nessa fase, os átomos podem ainda estar arranjados em um tipo de rede, chamada de *rede cristalina*, ou seja, estar dispostos de uma maneira fixa e bem organizada.

Já os *líquidos* têm volume fixo, mas adquirem a forma de seus recipientes, isso ocorre devido a sua fluidez, que é maior que nos sólidos, mas menor que nos gases. Essas duas fases, sólido e líquido, formam as *fases condensadas*, e diferem-se da gasosa por sua alta densidade em comparação a essa última (ATKINS e DE PAULA, 2011).

Nos *Gases* nem volume nem forma são fixos, logo, se expandem e adquirem a forma e o volume do recipiente em que são colocados (BRADY e HUMISTON, 1986). Isso faz com que as distâncias entre as partículas de um gás sejam, em média, dez vezes maiores que em um líquido (que é algo em torno do diâmetro molecular) (PILLA, 1979). 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 gás, de acordo com a teoria cinética que rege essa fase de agregação, são praticamente nulas (cristais de gases inertes não serão considerados nesse trabalho), ao contrário do que ocorre com os sólidos e líquidos. Isso significa que as fases da matéria estão diretamente relacionadas com as forças de interação entre suas partículas que podem ser mais ou menos intensas.

Algumas das diferenças entre sólidos e fluidos são a forma que esses respondem a tensões tangenciais que lhes são aplicadas (TIPLER, 1985), também chamadas de tensões de cisalhamento e cujas componentes estão no próprio plano da seção, e do quão rigidamente as partículas do material estão empacotadas (BRADY e HUMISTON, 1986). Assim, a aplicação de uma força resulta em um carregamento, ou arraste, que provoca um deslizamento relativo de moléculas que constituem o sólido, conforme pode ser observado na Figura 01 abaixo:

Figura 01: Material sólido reagindo a tensões tangenciais.



Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, “um sólido submetido a uma força externa tangencial a sua superfície deforma-se até que sejam produzidas tensões tangenciais internas que equilibrem a força externa; depois permanece em equilíbrio, [...]” (NUSSENZVEIG, 1997). Se essa força externa não for grande suficiente, o sólido voltará à situação inicial após a retirada da mesma.

Os fluidos, por sua vez, não podem equilibrar nem sequer a menor força, desta forma, quando estão sob a ação de uma tensão tangencial, eles escoam, permanecendo em movimento enquanto a força estiver sendo aplicada (NUSSENZVEIG, 1997).

3. 2. TRABALHO NO CONTEXTO MECÂNICO

Em mecânica, *Trabalho* (W) é realizado quando um objeto é movimentado por uma força através de uma determinada distância, de um ponto inicial (x_i) até um ponto final (x_f):

$$W_{x_i \rightarrow x_f} = \int_{x_i}^{x_f} \vec{F} \cdot d\vec{x} = \int_{x_i}^{x_f} F dx \cos \theta, \quad (01)$$

onde \bullet indica um produto escalar.

Considerando que $F_{//}$ seja a componente do módulo da força \vec{F} paralela a $d\vec{x}$ (deslocamento infinitesimal), então:

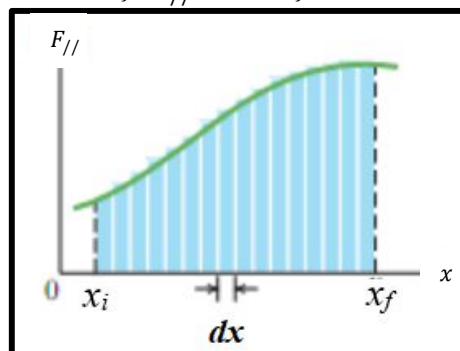
$$F_{//} = F \cos \theta, \quad (02)$$

onde θ é o ângulo formado entre \vec{F} e $d\vec{x}$. Dessa forma, a equação (01) torna-se:

$$W_{x_i \rightarrow x_f} = \int_{x_i}^{x_f} F_{//} dx, \quad (03)$$

Esse trabalho é equivalente à área sob a curva, mostrada a seguir na Figura 02:

Figura 02: Gráfico da força $F_{//}$ em função do deslocamento x .



Fonte: adaptada de-HALLIDAY *et al.* (2009).

O trabalho no contexto da termodinâmica será abordado na seção 3.5.

3. 3. ENERGIA

De maneira geral, *Energia* pode ser definida como a capacidade de um corpo, substância ou sistema físico de realizar trabalho (RUSSELL, 1996) podendo se manifestar de inúmeras maneiras. Como mencionado na seção 3. 2. ocorre trabalho quando uma força, ao ser aplicada a um corpo, produz o deslocamento deste.

Uma das formas de manifestação da energia é a *energia Potencial* (E_p), que pode ser do tipo gravitacional, elástica, elétrica, entre outras (BRADY e RUSSELL, 2002). Todas as formas de energia potencial relacionam-se com a distância (em relação a um sistema de coordenadas escolhido), assim, por exemplo, tanto maior será a energia potencial gravitacional quanto maior for a altura de um corpo, se o solo for escolhido como referencial. Ou ainda, quanto maior a deformação de uma mola, maior sua energia potencial elástica armazenada para um referencial no ponto de equilíbrio.

Nesse contexto, a energia química associada aos combustíveis também pode ser vista como um tipo de energia potencial, armazenada nas ligações químicas dos átomos e moléculas, devido às suas posições relativas (PILLA, 1979).

Outro tipo de manifestação é a *energia Cinética* (E_c), que está associada diretamente ao movimento, e depende da massa e da velocidade do corpo (PILLA, 1979; RUSSELL, 1996).

Como já mencionado na seção 3. 1., a fase de agregação da matéria interfere na distância média entre as moléculas (ou átomos) de uma substância, influenciando, dessa maneira, seus

graus de liberdade e, conseqüentemente, suas velocidades de rotação e/ou translação, conferindo-lhes assim diferentes tipos de energias:

Além da energia cinética de translação, as moléculas de um gás, ou de um líquido, possuem energia cinética de rotação, enquanto no interior da molécula os átomos são dotados de energia vibratória (cinética + potencial). Energia vibratória possuem também as partículas de um sólido (cristal), onde ocupam posições regulares num retículo tridimensional (CASTELLAIN, 1977).

Considerando um *sistema termodinâmico*, sistema onde qualquer coleção de objetos convenientemente tratada como uma unidade e que tem o potencial de trocar energia com o ambiente (SEARS *et al.*, 2015), a energia total pode apresentar-se na forma de energia potencial, de energia cinética ou de ambas.

A soma das energias cinéticas de todas as partículas constituintes do sistema, acrescida da soma de todas as energias potenciais decorrentes das interações entre essas partículas é definida como *energia Interna (U)*, que é uma função de *Estado*, isto é, depende apenas da configuração do sistema, sendo completamente definida a partir da especificação de qualquer par de variáveis termodinâmicas volume, pressão e temperatura (NUSSENZVEIG, 1997) que são tratadas a seguir na seção 3. 4.

3. 4. VARIÁVEIS DE ESTADO

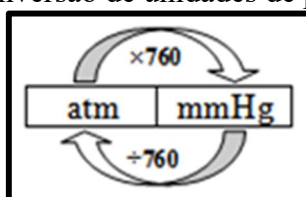
O *Equilíbrio termodinâmico* é o estado que um sistema isolado (sistema contido num recipiente de paredes adiabáticas) atinge quando nenhuma das variáveis macroscópicas que o caracterizam mudam mais com o tempo (SEARS *et al.*, 2015). Assim, para fluidos homogêneos, como um gás, por exemplo, o “equilíbrio termodinâmico fica inteiramente caracterizado por qualquer par das três variáveis [...]” (NUSSENZVEIG, 1997): *pressão (p)*, *volume (V)* e *temperatura (T)*. Dessa forma, a terceira variável é função das duas primeiras.

Cada uma destas variáveis tem somente um único valor num determinado estado termodinâmico. Quando uma ou mais dessas variáveis se alteram, significa que houve uma mudança no estado do sistema termodinâmico, sendo o caminho composto pela sucessão de todos esses estados chamado de *processo termodinâmico* (SEARS *et al.*, 2015).

A **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 as paredes exercem uma força, assim, a

pressão é a componente normal dessa força por unidade de área (WYLEN *et. al.*, 1973) sendo que, se os efeitos da gravidade forem desconsiderados, será a mesma em qualquer ponto deste fluido. No Sistema Internacional de Unidades (SI) a pressão é dada em N/m^2 , entretanto muitas outras unidades de medida podem ser utilizadas, dependendo da conveniência. Para o estudo das transformações gasosas as mais interessantes são *atmosferas (atm)* e *milímetros de mercúrio (mmHg)*, que se refere a altura desse líquido na coluna de um manômetro (1 atm é equivalente a 760 mmHg). A relação entre elas pode ser observada na Figura 03 abaixo:

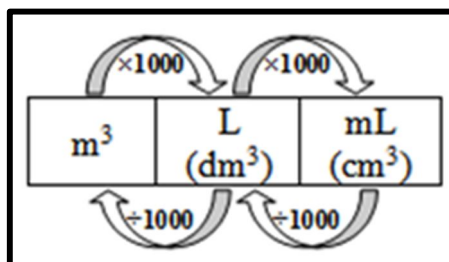
Figura 03: Conversão de unidades de pressão.



Elaborado pela autora (2019).

O **Volume** pode ser definido como a quantidade de espaço físico ocupado pelo sistema em questão. Sob condições físicas constantes (pressão e temperatura) o volume é diretamente proporcional a massa da substância (CERBE e HOFFMANN, 1973). Pode ser medido em cm^3 , mL , L , dm^3 , entre outros, sendo a unidade de medida do Sistema Internacional o m^3 ($1 m^3 = 1000 L$ e $1 L = 1000 mL$), como ilustra a Figura 04 abaixo:

Figura 04: Conversão de unidades de volume.

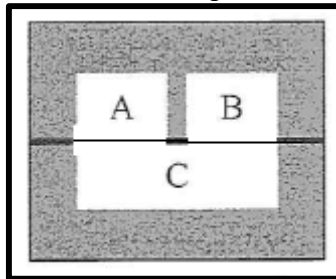


Elaborado pela autora (2019).

A **Temperatura** é a medida da “energia cinética média das partículas” (ATKINS e DE PAULA, 2011) que compõem o sistema, sendo a energia cinética uma grandeza relacionada à velocidade das partículas (seção 3. 3). Todo sistema isolado tende ao equilíbrio, estado em que nenhuma de suas variáveis macroscópicas muda ao longo do tempo (NUSSENZVEIG, 1997).

O chamado princípio zero da termodinâmica afirma que: Se dois corpos, A e B estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então A e B também estão em equilíbrio térmico entre si (NUSSENZVEIG, 1997) conforme o esquema da Figura 05:

Figura 05: Três corpos A, B, C, em equilíbrio térmico entre si.



Fonte: adaptada de NUSSENZVEIG (1997).

Considerando um fluido C em equilíbrio térmico, caracterizado por uma pressão e um volume, ao alterar-se qualquer uma dessas variáveis, a outra também se altera para um valor muito bem definido e o sistema atinge o equilíbrio térmico novamente. Ou seja, cada par de variáveis corresponde a uma dada temperatura (CERBE e HOFFMANN, 1973).

A temperatura pode ser medida através de um termômetro. As principais unidades de medida são o *Fahrenheit* ($^{\circ}F$), *Celsius* ($^{\circ}C$) e *Kelvin* (K), sendo as escalas das duas últimas centígradas. As relações estão mostradas na Figura 06 abaixo:

Figura 06: Conversão das principais unidades de medida de temperatura.

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

Fonte: adaptada de KILHIAN (2010).

Cada uma das grandezas supracitadas é interdependente pelas seguintes relações:

$$p = (V, T); \quad V = (p, T); \quad T = (p, V).$$

As variáveis acima representam propriedades do sistema e podem ser classificadas em *Intensivas* e *Extensivas*. Propriedades intensivas são aquelas que independem da massa, como a temperatura e a pressão, por exemplo. Propriedades extensivas variam diretamente com a massa, desta forma, o volume e a própria massa são os principais exemplos (CERBE e HOFFMANN, 1973).

3. 5. TRABALHO NO CONTEXTO TERMODINÂMICO

No âmbito termodinâmico, uma definição muito útil é aquela que diz respeito ao trabalho de um gás. Assim, considerando um sistema gasoso confinado em um cilindro fechado por um pistão, como pode ser observado na Figura 07 adiante, alterando-se seu volume (partindo de um volume inicial V_i até um final V_f) por expansão (Figura 07a) ou por compressão (Figura 07b), considera-se que o gás *realizou* ou *recebeu* trabalho, respectivamente.

Nesse contexto é possível definir a pressão como sendo a razão entre o módulo da força $F_{//}$ e a área A , que representa a área da base do cilindro onde está confinado o gás:

$$p = \frac{F_{//}}{A}. \quad (04)$$

Reescrevendo a equação (04), tem-se:

$$F_{//} = pA. \quad (05)$$

Desta forma, substituindo a equação (05) na equação (01) obtém-se:

$$W_{x_i \rightarrow x_f} = \int_{x_i}^{x_f} pA dx. \quad (06)$$

Nos processos de expansão e compressão considerados, a área da base permanece constante, sendo a altura variável (dx , na Figura 07), isto é, aumenta na expansão e diminui na compressão. Desta forma:

$$A dx = dV, \quad (07)$$

onde dV é a variação infinitesimal de volume.

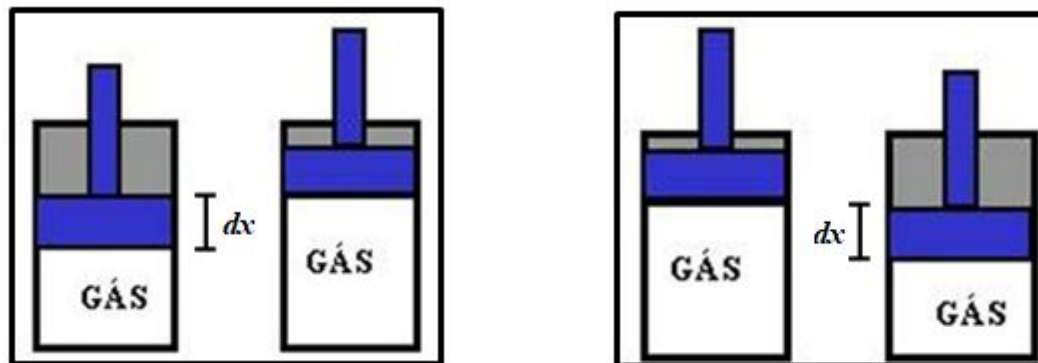
Tomando-se a equação (07) e substituindo-a na equação (06) então,

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV. \quad (08)$$

Figura 07: Trabalho de um gás

a) Trabalho de expansão do gás: com aumento de volume ocorre elevação do pistão e o gás “realiza” trabalho ($W > 0$).

b) Trabalho de compressão do gás: com redução do volume ocorre abaixamento do pistão e o gás “recebe” trabalho ($W < 0$).



Fonte: adaptada de KRAMER (2017).

O trabalho, por convenção, será positivo quando realizado **por** um sistema (sobre as vizinhanças) ou negativo quando realizado **sobre** o sistema (pelas vizinhanças), dependendo se a variação de volume é positiva (Figura 07a) ou negativa (Figura 07b). Esse resultado pode ser observado pela diferença de altura (dx) do pistão, dado que o volume é o produto da área da base do cilindro (que é constante) por esta altura (RUSSELL, 1996).

Quando trabalho é realizado sobre um sistema, mas suas coordenadas mecânicas macroscópicas como posição e velocidade permanecem constantes, significa então que as propriedades termodinâmicas que irão se alterar, (V , p e T). Isto é, na ausência de efeitos de movimento, eletricidade, magnetismo, o estado de um sistema pode ser determinado por apenas duas destas propriedades (CERBE e HOFFMANN, 1973).

Nesse sentido, considerando um caso particular em que um gás, desta vez à pressão constante, sofre variação infinitesimal de volume (dV) de forma muito lenta (ou seja, por um processo *quasi*-estático), o processo é tal que o desvio do equilíbrio termodinâmico é infinitesimal e todos os estados pelos quais o sistema passa podem ser considerados como estados de equilíbrio (WYLEN, 1973). Nesta situação pode-se definir o trabalho como:

$$d'W = p dV. \quad (09)$$

A unidade de medida de trabalho no sistema internacional é o *joule* (J).

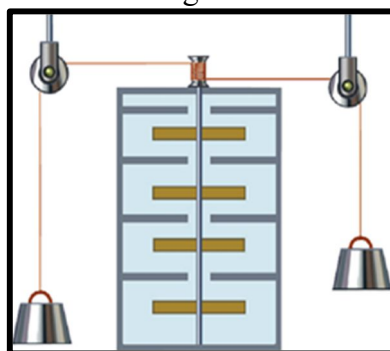
3. 6. CALOR E A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Embora existam inúmeras manifestações diferentes de energia, neste projeto o estudo se concentra apenas em processos de transferência de energia de um corpo para outro por conta de uma diferença de temperatura entre eles, o qual denomina-se *Calor (Q)* (BRADY e RUSSELL, 2002). Essa grandeza pode ser definida como *energia em trânsito*, sendo que, após a absorção da energia por um determinado corpo, este contém mais energia e não mais calor (HEWITT, 2002). Assim, um corpo nunca “contém calor” pois o calor é “um fenômeno transitório” (CERBE e HOFFMANN, 1973) e só pode ser identificado quando atravessa a fronteira do sistema. Por isso, é possível ainda definir o conceito de calor como “[...] a energia trocada entre sistema e meio externo, por efeito exclusivo de uma diferença de temperatura” (PILLA, 1979).

Em meados do século XIX, o cientista inglês James Joule já fazia muitos progressos no estudo do calor, diretamente relacionado à energia. Joule buscava encontrar um equivalente mecânico para o calor pois sabia que este levava “a capacidade de realizar trabalho” (NUSSENZVEIG, 1977) ou ainda, que o trabalho poderia ser convertido em calor.

Assim, Joule colocou água em um recipiente com paredes adiabáticas (para que as vizinhanças não pudessem afetar sua temperatura por efeito de condução térmica) contendo uma hélice no centro, ligada a dois pesos, que caem de uma certa altura com velocidade constante, acionando a hélice, que efetua trabalho sobre a água, conforme ilustrado na Figura 08 abaixo:

Figura 08: Esquema da experiência de Joule: recipiente com água e uma hélice ligada a dois pesos. À medida que os pesos se movimentam a hélice gira, efetuando assim trabalho sobre a água.



Fonte: SCHULTZ (2009).

Por tratar-se de recipiente de paredes adiabáticas (termicamente isolado, não permitindo trocas de calor com as vizinhanças) e também por não haver perda de energia (por atrito, por exemplo), o trabalho da hélice sobre a água (chamado trabalho adiabático) é igual a perda de energia mecânica dos pesos (TIPLER, 1985; NUSSENZVEIG, 1997).

Este experimento alicerçou a construção de muitos conhecimentos, dentre eles, a definição da caloria: quantidade de calor necessária para elevar de $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a temperatura de 1 *grama* de água. James Joule tem também sua própria unidade de medida que se iguala a caloria pela proporção de aproximadamente 4,1 vezes maior, ou: 1 *caloria* = 4,1 *Joules* (TIPLER, 1985).

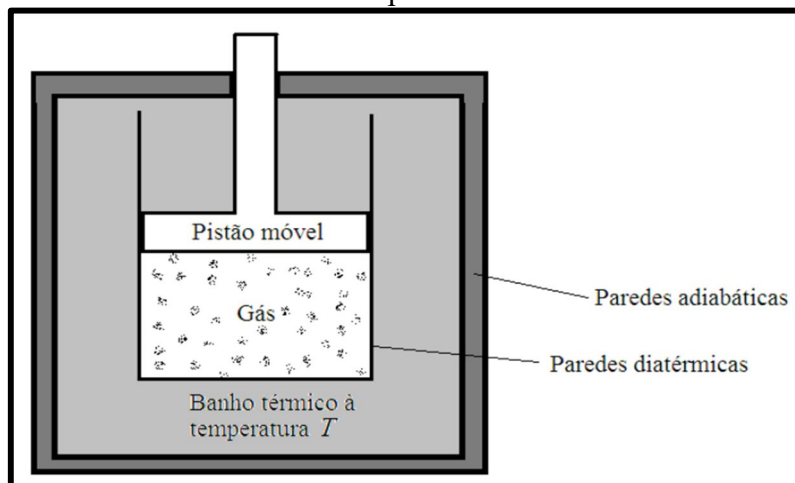
Joule provou que o trabalho adiabático total para levar o sistema de um estado inicial (definido por p_i , V_i e T_i) até um estado final (definido por p_f , V_f e T_f) era o mesmo, independente do caminho escolhido ou dos estados intermediários. Desta forma, o trabalho adiabático é aquele que, efetuado sobre um sistema para levá-lo de um estado i até um estado f não depende da forma como é efetuado, mas sim dos estados inicial e final desse sistema (TIPLER, 1985).

Assim, o trabalho adiabático pode ser escrito como:

$$W_{i \rightarrow f} = -\Delta U = -(U_f - U_i). \quad (10)$$

Pode-se substituir o trabalho mecânico pela adição de calor por uma fonte (alterando o equipamento):

Figura 09: Recipiente de paredes diatérmicas: permitem trocas de calor, contendo um gás sob um pistão.



Fonte: ROQUE (20--).

Haja vista a conservação da energia, a equação (10) passa então a considerar a contribuição do calor, passando a ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta U = Q - W_{i \rightarrow f}, \quad (11)$$

sendo Q , por convenção, o calor envolvido no processo. Desta forma, a variação de energia interna (ΔU) pode ser positiva, negativa ou nula uma vez que W e Q são grandezas positivas, negativas ou nulas. Um valor de Q positivo significa uma transferência de energia térmica para dentro do sistema e Q negativo uma transferência dessa energia para fora do sistema (SEARS *et al.*, 2015).

Caso a expansão (ou compressão) se dê de maneira suficientemente lenta e sem atrito, tornando o processo *reversível*, é possível inferir que, nesta situação específica, o trabalho de um estado inicial i até um estado final f depende do caminho, então:

$$dU = d'Q - d'W_{i \rightarrow f}. \quad (12)$$

O mesmo não se pode dizer da energia interna. Sendo assim, o calor Q também dependerá do caminho, sendo representado então, também por uma diferencial inexata $d'Q$ (NUSSENZVEIG, 1977).

3. 7. TROCAS DE ENERGIA

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). Quando o corpo aumenta sua energia cinética, a velocidade das partículas conseqüentemente aumenta. A grandeza física que caracteriza esse processo é chamada calor *Sensível*, pois reflete-se diretamente no aumento da temperatura: “Admite-se, todavia, que desta energia, só aquela parcela que se converte em acréscimo da energia cinética de translação das moléculas dos gases e líquidos ou da energia vibratória das unidades estruturais dos sólidos, manifesta-se sob forma de aumento de temperatura [...]” (PILLA, 1979).

Para o cálculo dessa grandeza no âmbito da Física a seguinte equação é utilizada:

$$dQ = mcdT \quad (\text{calor sensível}). \quad (13)$$

Onde m representa a massa do corpo, c seu calor específico (coeficiente de proporcionalidade que leva em conta características do material) e dT a variação infinitesimal de temperatura.

Quando um corpo recebe energia, mas sua temperatura não aumenta e o mesmo não realiza trabalho, significa que a energia potencial média das partículas é que está aumentando. Assim, a distância média entre as partículas também aumenta (na maioria dos casos), tornando-as menos unidas (BRADY e RUSSELL, 2002). Isso ocorre quando a substância sofre uma mudança de fase, sendo a grandeza física que caracteriza esse processo chamada de calor *Latente* (do latim *latere*, estar escondido).

Quando ocorre mudança de fase, a equação fica:

$$Q = mL \quad (\text{calor latente}). \quad (14)$$

sendo L a quantidade de calor por unidade de massa (calor latente).

Em outras palavras, o calor latente representa a energia necessária para romper as forças de atração entre as moléculas (ou átomos) de uma substância, aumentando a distância média entre elas (BRADY e RUSSELL, 2002).

Logo, aumentando-se a temperatura de um sistema, aumenta-se também o número de moléculas que possuem energia suficiente para vencer estas forças atrativas (BRADY e HUMISTON, 2002). Assim a parcela de energia recebida “[...] que se converte em energia

potencial manifesta-se sob forma de aumento de volume, mudança de fase ou reação química (calor latente)” (PILLA, 1979).

Uma outra grandeza de grande utilidade é a *Capacidade Térmica* (C). Ela é dada por:

$$C = mc. \quad (15)$$

Deste modo, substituindo (15) em (13) e considerando uma variação infinitesimal de calor, a equação pode ser reescrita como:

$$d'Q = CdT. \quad (16)$$

Caso a transformação se dê à pressão constante, tem-se então Q_p :

$$d'Q_p = C_p dT, \quad (17)$$

onde C_p representa a *Capacidade Térmica à Pressão* constante. Caso seja a volume constante, então Q_V :

$$d'Q_V = C_V dT, \quad (18)$$

onde C_V representa a *Capacidade Térmica à Volume* constante.

Para uma transformação isobárica (à pressão constante) pode-se substituir a equação (17) em (12), que reescrita fica:

$$dU = C_p dT - d'W. \quad (19)$$

E ainda substituir (09) em (19), tornando-se:

$$dU = C_p dT - pdV. \quad (20)$$

Isolando C_p finalmente tem-se:

$$C_p = \frac{dU + pdV}{dT}. \quad (21)$$

Cabe aqui uma importante observação a respeito de C_p e C_v : seus valores apresentam uma pequena diferença para sólidos e líquidos, dado que sofrem pouca variação de volume frente a variações de temperatura, porém esta diferença aumenta quando trata-se da fase gasosa.

3. 8. ENTALPIA E SUA RELAÇÃO COM O CALOR

Em uma reação química em que os reagentes formam produtos gasosos que realizam trabalho sobre as vizinhanças (trabalho de expansão) (ATKINS e DE PAULA, 2011), este deve ser considerado no cálculo da variação de energia dessa reação, de modo que o resultado final é denominado *Entalpia* ou *calor de reação* (H), que “corresponde às variações de energia potencial que sofrem os átomos ao se transferirem das moléculas reagentes para as moléculas dos produtos” (à pressão constante) e também é considerado um tipo de calor latente (PILLA, 1979).

Desta forma, a entalpia do sistema é dada pela soma da própria energia intrínseca (energia interna) e outra energia associada à pressão e volume, resultante do trabalho de expansão. Ou seja:

$$dH = dU + pdV + Vdp. \quad (22)$$

No estudo de reações químicas, é a medida da entalpia (ou sua variação) que prevalece. Pode-se dizer que a variação de entalpia é a diferença de energia do estado final e inicial de uma reação química:

$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}. \quad (23)$$

Como já mencionado, se a pressão do sistema for constante, então a equação (22) se resume a:

$$dH = dU + pdV, \quad (24)$$

substituindo a equação (20) na equação (24) chega-se à equação abaixo:

$$dH = C_p dT - p dV + p dV. \quad (25)$$

Então,

$$dH = C_p dT. \quad (26)$$

A partir deste ponto é possível observar que a abordagem Física e Química convergem, pois comparando as equações (17) e (26) tem-se:

$$dH = d'Q_p. \quad (27)$$

Nesse contexto, é importante ressaltar que o calor tratado no âmbito da Física como a variação de energia térmica é também estudado nas aulas de Química como variação de energia interna nas reações químicas, que apesar de grandezas iguais (nas condições especificadas), são abordados de forma isolada no Ensino Médio. Os conteúdos de Calorimetria e Termoquímica compõe o que é conhecido como Termodinâmica, mas que a despeito de representarem uma combinação de saberes, são explorados de maneira fragmentada.

3. 9. TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

O gás ideal é um modelo idealizado no qual as partículas do gás se movem ao acaso, sendo que suas moléculas encontram-se no limite da rarefação extrema: “Quanto mais distante a temperatura do gás em relação ao seu ponto de liquefação e quanto menor a pressão, mais ele se aproxima do comportamento de um gás ideal” (NUSSENZVEIG, 1997).

Desta forma, como já mencionado na seção 3. 3., qualquer par de variáveis pode definir o estado de um gás, sendo as transformações gasosas processos pelos quais os gases passam quando uma dessas variáveis de estado é mantida constante e ocorre mudança das outras duas, ou ainda quando todas elas mudam simultaneamente.

Transformação Isotérmica (lei de Boyle): O químico e físico irlandês, Robert Boyle, desenvolvendo experimentos com o ar a temperatura constante e variando a pressão, pôde inferir que: “O volume de uma dada quantidade de gás, a temperatura constante, é inversamente proporcional a sua pressão” (NUSSENZVEIG, 1977).

Isto é:

$$pV = \text{constante.} \quad (28)$$

Outra questão importante a ser levada em conta é a relação entre a energia interna e a variação de temperatura. Desta forma, nos gases ideais, em processos isotérmicos, não havendo variação da temperatura não existirá, evidentemente, variação da energia interna ($\Delta U = 0$) e a equação de conservação de energia (11) torna-se:

$$d'Q = d'W_{i \rightarrow f}. \quad (29)$$

O trabalho, análogo ao calor, é um fenômeno transitório, isto é, o sistema não o “possui”, mas ambos atravessam as fronteiras quando este sofre uma mudança de estado. É possível chamá-los, por conta disso, de “fenômenos de fronteira”, pois é lá que são observados e ambos representam a energia que a atravessa. Além disso, ambos também são diferenciais inexatas.

Transformação Isobárica (lei de Charles): Jacques Charles, matemático francês, através de seus experimentos com balões, à pressão constante, pôde observar que o volume de um gás sempre aumentava com o aumento da temperatura, demonstrando que essas duas variáveis são diretamente proporcionais: “À pressão constante, o volume de uma determinada massa de gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta” (NUSSENZVEIG, 1977).

Ou seja:

$$\frac{V}{T} = \text{constante.} \quad (30)$$

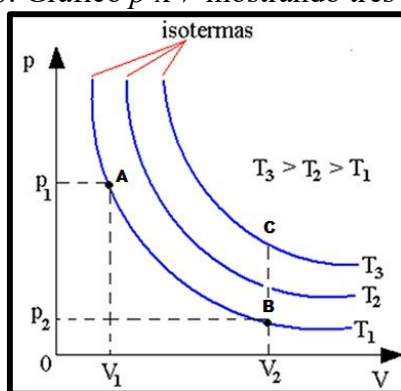
Transformação Isovolumétrica, Isométrica ou Isocórica: ainda em relação às transformações, agora a volume constante, tem-se que a pressão varia linearmente com a temperatura, a volume constante (ATKINS e DE PAULA, 2011). Assim, matematicamente:

$$\frac{p}{T} = \text{constante.} \quad (31)$$

Essas Leis são apenas válidas em um caso específico: no limite em que $p \rightarrow 0$.

A Equação de Estado dos Gases Ideais: é uma aproximação para qualquer gás e torna-se cada vez mais verdadeira à medida que a pressão deste se aproxima de zero (ATKINS e DE PAULA, 2011). Para defini-la pode-se observar o gráfico mostrado na Figura 10 abaixo:

Figura 10: Gráfico $p \times V$ mostrando três isotermas.



Fonte: adaptada de SILVA (20--).

A partir deste gráfico, propõe-se a seguinte sequência de transformações: do ponto A ao ponto B, do ponto B ao ponto C. Partindo do ponto A, o gás passa por uma transformação isotérmica, representada pela seguinte equação:

$$p_A V_A = p_B V_B. \quad (32)$$

Do ponto B ao ponto C a transformação se dá de forma isovolumétrica, assim:

$$\frac{p_B}{T_B} = \frac{p_C}{T_C}. \quad (33)$$

Isolando p_B da equação (33):

$$p_B = \frac{T_B p_C}{T_C}. \quad (34)$$

E substituindo a equação (34) na equação (32), tem-se:

$$p_A V_A = \frac{T_B p_C}{T_C} V_B. \quad (35)$$

Reorganizando os termos a equação fica:

$$\frac{V_A p_A}{T_B} = \frac{V_B p_C}{T_C}. \quad (36)$$

Lembrando que $V_B = V_C$, pois a transformação se dá a volume constante e $T_B = T_A$, pois esta transformação foi a temperatura constante, tem-se:

$$\frac{V_A p_A}{T_A} = \frac{V_C p_C}{T_C} = \text{constante}. \quad (37)$$

Reorganizando e generalizando a equação de estado, então:

$$pV = \text{constante}T. \quad (38)$$

Para uma certa quantidade de gás dada em mols a equação (38) fica:

$$pV = nRT, \quad (39)$$

onde n representa o número de mols do gás e R a Constante Universal dos Gases.

O cálculo desta constante considera 1 mol de gás nas Condições Normais de Temperatura e Pressão, isto é, $p = 1 \text{ atm}$, $T = 273,15 \text{ K}$ e um volume de $22,4 \text{ L}$ de gás. Nesta situação, R pode ser estimada em $R = 62,3 \text{ mmHg L / K mol} = 0,082 \text{ atm L / K mol}$.

4 CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO; APLICAÇÃO, DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando as características próprias de cada turma, sendo algumas mais ou menos participativas, possuindo maior ou menor domínio de certos conceitos, a concepção deste Produto Didático (PD) foi pensada para o máximo de adequação possível ao aluno de escola pública brasileira, pesando todas as suas carências e potencialidades.

A série escolhida para aplicação do produto (2ª série do Ensino Médio) justifica-se por razão dos planos de ensino de Física e Química apresentarem maior sincronia de conteúdos. Além disso, é nessa fase que ambas as disciplinas contemplam estudos sobre *Energia* e sua interação com a *Matéria*.

Desta forma, o primeiro passo, a escolha do tema *Energia* como cerne deste trabalho, teve como base os seguintes fatores:

- Ser um dos temas sugeridos pela Base Nacional: *Matéria e Energia*;
- Compor o conteúdo programático das disciplinas Física e Química;
- Possuir inúmeras possibilidades para atividades práticas;
- Ser abordada concomitantemente em ambas as disciplinas, no segundo ano do Ensino Médio.

Por ser este tema extremamente amplo, foram seguidas duas diferentes vertentes (mais adequados às práticas interdisciplinares): *A Energia e os Alimentos*, que tem o objetivo de estudar o alimento como fonte de energia para o corpo humano (Parte 1) e *A Energia e os Gases*, que por sua vez pretende explorar as potencialidades do hidrogênio (Parte 2).

A etapa a seguir foi a pesquisa de diferentes formas de abordagens relacionadas a estes tópicos e a seleção de metodologias e estratégias mais convenientes ao tema e ao público. Em vista disso, dadas as particularidades deste conteúdo e ponderando os objetivos a serem conquistados, a metodologia escolhida foi a SEI, por ser dinâmica, arrojada e criativa (LIMA, 2015), sendo o início do estudo constituído da resolução de um desafio (GAROFALO, 2018; DEMO, 1998; MORAES e CARVALHO, 2018; ZOMPERO e LABURU, 2011; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; CARVALHO, 2013).

Este desafio deve ser algo atual e que integre o cotidiano do aluno. Por conseguinte, duas abordagens foram levantadas, culminando nas seguintes questões: *De onde e de que maneira vem a energia que faz nosso corpo funcionar?* (Parte 1) e *Quais as vantagens dos carros movidos a hidrogênio?* (Parte 2).

Considerando o exposto acima, em especial os critérios que caracterizam esta metodologia (seção 2. 3.), construiu-se um PD cujo título é *Energia através de uma perspectiva Interdisciplinar entre Física e Química*. Pode ser aplicado no turno regular ou ainda fora do horário normal de aula, em forma de projeto, e que cada professor, dentro de seu tempo em sala, faça sua exploração em sincronia com o colega, isto é, que os conhecimentos essenciais aos alunos sejam construídos de forma simultânea. A atividade manipulativa que, pela recomendação da literatura (CARVALHO, 2013) deveria ser utilizada como problematização, mas nesse trabalho, foi melhor enquadrada na etapa da Nova Informação pois exige entendimento do fenômeno que, por sua vez, proporciona a coleta de dados que irão responder ao desafio.

A aplicação do PD ocorreu na Escola de Educação Básica Padre José Maurício, situada no bairro Progresso, no município de Blumenau, no estado de Santa Catarina. No momento esta escola conta com Ensino Fundamental e Médio, tendo este último um número de sete turmas de primeiro ano, cinco turmas de segundo ano e quatro de terceiro ano, nos períodos matutino e noturno. A instituição conta ainda com 2 professores temporários (de Física) e dois professores efetivos com habilitações em Física e Química. Além do qualificado corpo docente, o educandário dispõe também de um Laboratório de Ciências com materiais, reagentes, mesas grandes e pia, e quatro projetores multimídia.

Outras informações pertinentes podem ser encontradas no Quadro 03 abaixo.

Quadro 03 - Informações sobre a aplicação do projeto.

Local:	E. E. B. Padre José Maurício
Turma:	2º ano (Ensino Médio)
Período:	2º trimestre (2019)
Professores:	Física e Química
Tempo previsto:	duas semanas, ou seja, aproximadamente 8 aulas (considerando todas as etapas da sequência) ou um período (5 aulas seguidas).
Horário:	No contraturno de aulas: vespertino

Fonte: elaborado pela autora (2019).

O PD contempla duas partes ou ciclos (CARVALHO, 2013), que foram aplicados ao longo de duas diferentes tardes. Para um melhor registro do trabalho, todos os eventos foram gravados. Para participar da pesquisa, cada estudante entregou uma autorização de frequência

e uso de imagens assinada pelos pais ou responsáveis. Na discussão apenas os diálogos mais relevantes foram transcritos (sem correções gramaticais), sendo estes importantes para mostrar ao leitor o processo de construção dos conhecimentos (Apêndices D e E).

4. 1. PARTE 1: ENERGIA E OS ALIMENTOS

Na **Parte 1** os estudantes deverão construir conhecimentos fundamentais como temperatura e calor e aplicá-los para responder ao desafio proposto.

Para otimizar o andamento da aula, os alunos deverão ser avisados anteriormente que precisam trazer uma latinha vazia e uma embalagem de alimento, que serão utilizadas na próxima etapa. Para que não ocorram muitas divergências de valores e para fins de comparação, o ideal é que todos tragam uma embalagem de bolacha tipo *wafer* de qualquer marca. Este alimento é acessível a todos, barato, seco (ideal para o experimento) e fácil de manipular.

A Sequência de Ensino Investigativa adiante discutida realizou-se no dia dezessete de junho do ano de 2019, na E. E. B. Pe. José Maurício, no período vespertino, e teve duração de pouco mais de quatro horas. Devido a falta de salas de aula (neste turno todas são ocupadas por turmas regulares) a aplicação se deu no Laboratório de Ciências da Escola. Quinze alunos estavam presentes:

Figura 11: Alunos que participaram do projeto: Duda (1); Natalia (2); Evelyn (3); Vic (4); Jade (5); Alessandro (6); Manu (7); David (8); Alison (9); Daiane (10); Patrick (11); Gabriel (12); Thainara (13); Vinicius (14); Bruno (15).



Fonte: arquivo pessoal.

A seguir é feito um comparativo entre as ações planejadas e como estas foram aplicadas, além de comentários pertinentes a estas etapas da SEI. Algumas das transcrições encontram-se nos Apêndices D e E.

Quadro 04 - Aula 1: O desafio e a Sondagem das Concepções Prévias (Etapa a)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
a) Escolha do objeto de estudo e do problema.	<p>O primeiro passo é lançar o desafio para a turma, que seria “De onde e de que maneira vem a energia que faz nosso corpo funcionar?”. Neste momento dá-se espaço as conjecturas e discussões. O objetivo é despertar a curiosidade, tornando este um assunto realmente importante para o estudante e que o faça refletir acerca dos processos envolvidos.</p> <p>Posta a questão central, o passo seguinte é ouvir as respostas e estabelecer quais pré requisitos conceituais a turma já possui, pois todos trazem consigo uma série de experiências, vivências, conhecimentos, ideias e intuições acerca das várias ciências.</p> <p>O papel do professor é refinar este conjunto de pensamentos, as vezes dissonantes e desordenados, elevando-o a um nível organizado e coeso, e partir destes, utilizá-los para orientar o programa de ensino.</p>	<p>O desafio foi lançado: os estudantes foram questionados sobre como os alimentos se transformam em energia no corpo e a maioria ficou calada. Percebeu-se que por ser no início da aula, muitos ainda se mostravam um pouco tímidos e receosos em participar ou responder alguma coisa errada. Foi preciso enfatizar que esta atividade não se tratava de avaliação, ou seja, não valeria nota, que todos estavam participando como voluntários e, principalmente, que não haveria problemas em dar respostas incorretas. Neste momento obteve-se uma resposta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Através dos carboidratos! (Manu) - Mas como assim? (Professora) <p>Novo silêncio se estabeleceu. Foi o momento de verificar quais conceitos já eram conhecidos e quais ainda precisariam ser reforçados. Assim, lançado o questionário para determinar as ideias prévias dos alunos obtiveram-se explicações de todas as matizes, tanto na discussão quanto na escrita. Inicialmente os estudantes deveriam debater em duplas e depois expor suas respostas na discussão. Porém, devido a configuração do espaço físico (duas mesas grandes apenas para toda a turma), acabaram se formando dois grupos de debate, embora os registros escritos tenham sido feitos em duplas ou trios (Apêndice C).</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 05 - Aula 1: O desafio e a Sondagem das Concepções Prévias (Etapa b)

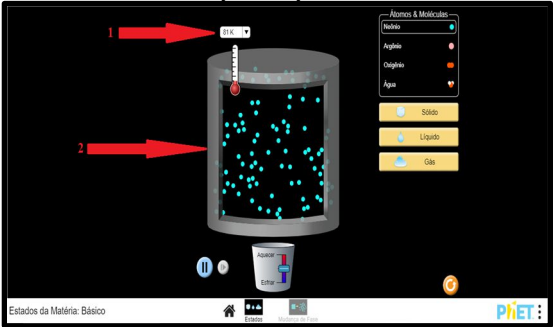
Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
b) Expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses.	<p>Um questionário que aborda as ideias prévias é imprescindível pois a compreensão e resolução do desafio inicial partirá delas. As várias suposições têm de ser discutidas e socializadas para que haja maior interatividade e também deixar os estudantes mais confortáveis. Para tanto a turma precisa ser dividida em equipes e cada uma delas debater e escrever suas respostas compartilhando, na sequência, com o grupo.</p> <p>As palavras “energia”, “calor” e “temperatura” são bastante conhecidas dos alunos e estes as utilizam com frequência. Entretanto, fazer uso de uma palavra não é o mesmo que deter seu significado, pois a conotação dada a estes vocábulos, amiúde, é diferente da científica.</p> <p>Por conta disso, é preciso inteirar-se sobre os conceitos atribuídos pelos estudantes a estes termos, pois a natureza das respostas revelará sua forma de pensar e qual interpretação têm acerca de determinado fenômeno, além de balizar as etapas seguintes da SEI.</p> <p>O questionário com todas as perguntas a serem aplicadas encontra-se no Apêndice A.</p> <p>Estas hipóteses levantadas devem ser registradas, pois servem de direção para o próximo momento, haja vista que indicam o quão perto ou longe estão as ideias dos estudantes daquilo que é tomado como correto.</p>	<p>As respostas obtidas indicam que, a despeito desse conteúdo já ter sido abordado tanto em Física como em Química, há ainda uma grande confusão sobre os conceitos de temperatura, calor e energia. Além disso, houve também dificuldade em interpretar as questões. Foi preciso, em alguns momentos, explicar o significado da pergunta. Um fator que influenciou as respostas foi o constrangimento inicial de quase todos os alunos, pois ainda que já se conhecessem e também a professora, o fato de estarem em uma sala diferente, com a câmera ligada, fazendo uma atividade distinta daquelas habituais e em que a participação é mais valorizada, os deixou bastante retraídos no primeiro momento. O medo de falar alguma coisa errada era claro. No entanto este embaraço foi vencido com paciência pois não houve precipitação nem atropelo, mas sim a espera pelo momento em que cada um sentiu-se à vontade para participar. Alguns o fizeram com mais destaque conforme será visto nas transcrições.</p> <p>Contudo a sondagem inicial mostrou que a maioria tem noções bem próximas dos saberes formais, porém, há ainda lacunas conceituais e definições não tão bem delineadas que precisarão ser retificadas. Estes resultados nortearam as próximas etapas da sequência e mostraram que seria preciso demorar mais nos procedimentos que esclarecem esses conceitos.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 06 - Aula 2: Planejando a Investigação

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
c) Planejamento da investigação	<p>Os alunos devem elaborar perguntas. O objetivo é que os estudantes reconheçam o que deve ser pesquisado para resolver a questão central a partir do alimento que se tem em mãos (neste caso o <i>wafer</i>). Em outras palavras, deve-se deixar que os discentes criem suas próprias interrogações ou sugiram ações apropriadas à investigação, como por exemplo um experimento.</p>	<p>O desafio foi assim reapresentado: “Como este alimento pode gerar energia para nosso corpo?”, em referência ao <i>wafer</i> trazido pelos alunos para a aula (Diálogo 1 do Apêndice D). Para orientar a investigação algumas perguntas foram feitas, muitas tendo a resposta na embalagem ou na Tabela de Informação Nutricional do alimento, pois a interpretação de tabelas de valores é uma prática investigativa muito usada no ensino de ciência (CARVALHO, 2013), sendo estas perguntas feitas e respondidas de forma natural e anacrônica. As mesmas encontram-se transcritas no Diálogo 2 do Apêndice D.</p> <p>Encerrou-se esta etapa com questões a serem resolvidas como “qual o valor de consumo diário de cada um?”, “como os fabricantes determinam os valores energéticos?”, e novamente, “Como os alimentos se transformam em energia no corpo?”.</p> <p>A investigação foi se tornando cada vez mais específica e profunda, de modo que, devido à metodologia escolhida se caracterizar sobremaneira pela marcante atuação do estudante como elaborador de ações e tomada de decisões (CARVALHO, 2013), em vários momentos a interferência do docente foi necessária, uma vez que esperava-se que certos posicionamentos dos alunos frente a metodologia proposta fossem mais ativos, firmes e resolutos, por se tratar de uma classe de Ensino Médio. Todavia, não foi o que se percebeu. Observou-se uma conduta mais voltada a esperar a orientação do professor ao invés de proatividade. Essa constatação se explica pela inexperiência dos discentes neste tipo de abordagem do conteúdo, fazendo com que o professor torne-se “essencial na elaboração das questões de investigação que possam desenvolver o raciocínio científico” (MORAES e CARVALHO, 2018).</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>É essencial que os estudantes identifiquem o conceito de temperatura que pode ser mais bem assimilada com o auxílio de recursos como simuladores e vídeos. Para tanto, lança-se mão do Simulador de Estados Físicos do <i>site</i> Phet Colorado:</p> <p>Figura 12: Simulador de Estados Físicos: gás neônio após aquecimento.</p>  <p>Fonte: PHET (2020)</p>	<p>Prosseguindo a investigação, o objetivo era que a turma construísse o conceito de temperatura a partir das discussões estabelecidas.</p> <p>Embora os alunos estejam próximos dos saberes, suas respostas ainda não têm a formalidade adequada e encontram-se ainda “tateando” as ideias, em outras palavras, eles têm uma noção bastante coerente do problema, mas não sabem explicá-la.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O que é temperatura? [silêncio] (Professora) <p>Sugeriu-se o uso do simulador Estados Físicos, que na condição ideal deveria ser usado pelos alunos em seus celulares ou nos computadores da escola. No entanto a sala de informática encontrava-se em manutenção e a maioria dos alunos não trazia consigo seus celulares ou não tinha acesso a rede. Para contornar esse contratempo, o simulador foi projetado e um aluno voluntário (Bruno) foi chamado a operá-lo. Por sua própria conta, começou a aumentar o aquecimento, sendo que as discussões geradas encontram-se no Diálogo 3 do Apêndice D.</p>

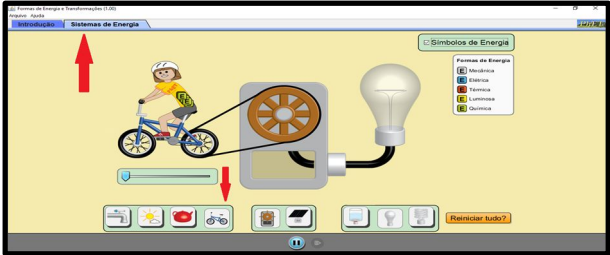
Quadro 07 - Aula 3: Temperatura

(conclusão)

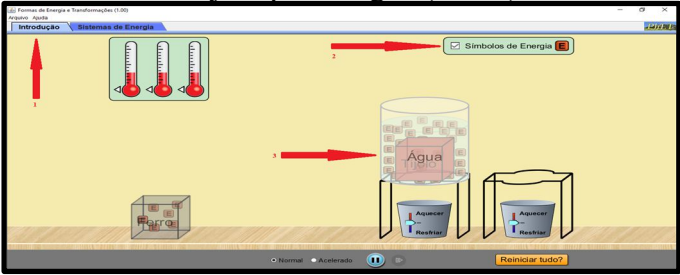
Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Esta mídia, além de proporcionar interação com os estudantes, ainda possibilita a eles relacionar a agitação crescente das partículas (ver destaque 2 da Figura 12) com o aumento da temperatura (ver destaque 1 da Figura 12), estabelecendo assim, por si mesmos, o conceito de temperatura.</p> <p>É provável que esta conclusão não seja imediata, pois ao se fornecer calor ao sistema o efeito direto é o aumento do nível no termômetro. Esta inferência é ideal para demonstrar as relações existentes entre a velocidade das moléculas e a temperatura e para observar o número de choques das partículas com as paredes do recipiente, que no futuro também serão importantes.</p> <p>O professor deve formalizar então o conceito de temperatura e exibir um trecho do filme <i>Aprendiz de Feiticeiro</i> (2010) (entre 29 min e 6 s a 30 min e 6 s) para contextualizar e finalizar a aula, pois o personagem Balthazar também explica a temperatura.</p>	<p>Para corroborar as deduções que o simulador propiciou, foi apresentado um trecho do filme <i>Aprendiz de Feiticeiro</i> (2010) em que o personagem Baltazar também define temperatura, embora use outras palavras.</p> <p>Durante a exibição do vídeo observou-se que os alunos ficaram mais atentos. Este filme, a despeito de não ser tão atual, faz parte da cinemateca dos estudantes por representar um jovem com problemas semelhantes aos dos adolescentes. Tanto é verdade que, não obstante a definição de temperatura ter sido mencionada de forma rápida por Baltazar ao serem solicitados para repeti-la, a maioria o fez com facilidade e palavras exatas.</p> <p>Mas, como “investigar é produzir conhecimentos através da busca de respostas para determinadas questões-foco” (MOREIRA, 2016), no caminho desta busca sempre encontra-se alguém não muito satisfeito com a resposta encontrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mas o que está “saindo dali” é calor? (Evelyn, [se referindo ao simulador]) <p>E foi assim que se originou a questão da aula seguinte.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 08 - Aula 4: Energia

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Continuando com as simulações, utiliza-se agora Formas de Energia, também do <i>site</i> Phet Colorado.</p> <p>Figura 13: Simulador Formas de Energia, com destaque da aba Sistemas de Energia e escolha da menina na bicicleta.</p>  <p>Fonte: PHET (2020)</p> <p>Na aba “Sistemas de Energia” escolhe-se a menina na bicicleta e inicia-se o movimento pela seta que se encontra abaixo da bicicleta. Essa seleção justifica-se, pois, após certo tempo, a mesma solicita que alguém a alimente. Isso converge para a questão central, ou seja, a relação entre os alimentos e a energia, deixando claro que é através da alimentação que o corpo produz energia mecânica que é convertida em térmica ou elétrica.</p> <p>Assim, o movimento produzido pelo corpo pode ser comparado a um trabalho realizado por este, e a energia pode ser definida como a capacidade de realizá-lo. Espera-se que a classe estabeleça essa relação, mas de qualquer forma, cabe ao docente formalizar este conceito ao fim desta etapa.</p> <p>Entram aqui também as unidades de medida. Mesmo que o simulador não as deixe explícitas, é conveniente lembrar que as unidades de energia e trabalho são as mesmas e que, em geral, joule e caloria são as mais empregadas.</p>	<p>O questionário para levantamento das ideias prévias dos alunos revelou que havia grande confusão conceitual entre <i>temperatura</i>, <i>calor</i> e <i>energia</i>. Por outro lado, os estudantes dominam as unidades de medida e suas transformações e são capazes de executar cálculos simples seguindo um raciocínio lógico coerente.</p> <p>Para esclarecer a dúvida da aluna Evelyn na aula anterior e resolver o embaraço inicial, os estudantes foram convidados a utilizar a simulação Formas de Energia, sendo que um voluntário (Alessandro) operaria o simulador e os outros acompanhariam dando sugestões.</p> <p>Solicitou-se que a torneira fosse trocada por uma bicicleta e esta começasse a andar (Diálogo 4 do Apêndice D), chegando-se a uma dedução muito próxima da correta, que foi complementada pela professora:</p> <p>- Energia é capacidade de realizar <i>trabalho</i>! (Professora)</p> <p>Muitos não lembravam da definição de trabalho no âmbito da Física e uma breve recapitulação teve de ser feita. Logo após veio o ensejo para a etapa seguinte:</p> <p>Mas e o calor? (Professora)</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

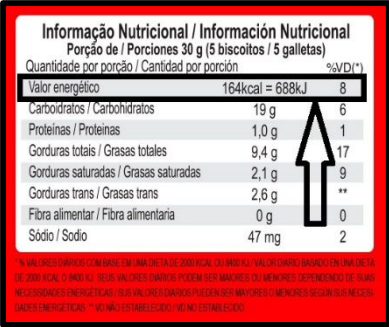
Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Nesta aula, deve-se submeter ao aquecimento tanto a água como o tijolo (através do simulador Formas de Energia, na aba Introdução) e comparar como ambos armazenam a energia. Este procedimento levará ao conceito de calor específico.</p> <p>Figura 14: Tijolo inserido na água: na aba Introdução (seta 1), grifar Símbolos de Energia (seta 2) e observar a energia migrando do tijolo para a água (seta 3).</p>  <p>Fonte: PHET (2020)</p> <p>Quando mergulharem um tijolo quente em uma tigela de água fria, os alunos devem perceber que a energia é transferida do tijolo para a água e que a este processo dá-se o nome de <i>calor</i>. Além disso, o docente precisa ressaltar que, mesmo fornecendo muita energia, não há mudança de fase para o tijolo, ao contrário da água que inicia a ebulição. O objetivo é conceituar e definir os calores sensível e latente. O professor deve ainda formalizar todos estes processos com as respectivas definições.</p>	<p>Dando continuidade com a mesma simulação, mas agora na aba <i>Introdução</i> (O relato completo de todo o ocorrido está no Diálogo 5 do Apêndice D), iniciou-se uma discussão entre os alunos acerca do tempo para a água e o óleo aquecerem e, por conta disso, foram exibidos os vídeos que mostravam o aquecimento, ora de óleo e água a partir da temperatura ambiente, ora de ambos congelados. No vídeo o óleo apresenta o menor tempo para mudança de fase em comparação à água (CARLI, 2013). Em outras palavras, constatou-se que, embora a mesma quantidade de energia tenha sido cedida a ambos os líquidos, o óleo mudou de fase, mas a água não.</p> <p>Os conceitos de calor sensível e calor latente também foram explorados neste momento, entretanto, com a participação mais ativa da professora, visto que ao serem questionados sobre estes itens ninguém se manifestou, nem mesmo com uma ideia vaga sobre o assunto. Logo, voltando ao aquecimento da água no simulador, todos foram convidados a atentar para o comportamento da energia que é fornecida a ela. Inicialmente essa energia é acumulada e a temperatura aumenta, a partir de um determinado momento, mesmo com aquecimento continuado, a energia excedente passa a ser liberada e a temperatura não sobe mais. Assim, os conceitos de calor sensível e latente foram enunciados pela professora e observados no simulador.</p>

Quadro 09 - Aula 5: Calor

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Outra fase importante é o resgate dos conceitos de <i>entalpia</i> e número de <i>mols</i>, trazidos das aulas de Química. Isso deve ser feito em forma de revisão questionando-se a classe sobre o “que é entalpia” ou “quais as equivalências de um mol”. Essas definições são importantes e, no caso de os alunos não lembrarem ou não terem ainda este conhecimento, não há problema em abordá-los de forma expositiva, pois uma SEI não exclui definitivamente este tipo de explanação (AZEVEDO e FIREMAN, 2017), apenas não devendo ser esta a estratégia predominante.</p> <p>Como fechamento, a exibição de um vídeo de CARLI (2013) que traz uma nova comparação: água e óleo, na ebulição. No experimento exibido observa-se como o óleo, material de baixo calor específico, se aquece rapidamente em oposição a água, que demora muito mais para atingir a ebulição, recebendo o mesmo aquecimento.</p>	<p>Dado a finalidade principal do produto: promover a interdisciplinaridade, foi preciso recapitular conceitos chave de Química como <i>número de mol</i> e <i>entalpia</i>. Isto se justifica pelo fato de que a energia de uma reação química é dada, amiúde, em relação a um mol de reagentes. Desta forma, para melhor interpretar os resultados que serão obtidos com a SEI, é preciso que estas definições sejam conhecidas (Diálogo 6 do Apêndice D). Segundo os alunos, o professor de Química ainda não havia alcançado o conteúdo Termoquímica e a definição de entalpia teve de ser colocada para os estudantes de forma expositiva.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação																																				
g) Recapitulação e síntese	<p>O objetivo desta aula é fazer uma recapitulação geral antes de prosseguir. À medida que novas informações vão surgindo é preciso organizá-las e acomodá-las corretamente. Desta forma, os conceitos chave precisam ser revistos com toda a turma e podem ser expostos através de uma conversa com o grupo.</p> <p style="text-align: center;">Figura 15: Exemplo de Tabela de Informação Nutricional de bolacha tipo <i>Wafer</i> (DUCHEN).</p> <div style="text-align: center;">  <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Informação Nutricional / Información Nutricional</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Porção de / Porciones 30 g (5 biscoitos / 5 galletas)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Quantidade por porção / Cantidad por porción</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>%VDI*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor energético</td> <td>164kcal = 688kJ</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Carboidratos / Carbohidratos</td> <td>19 g</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Proteínas / Proteínas</td> <td>1,0 g</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Gorduras totais / Grasas totales</td> <td>9,4 g</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Gorduras saturadas / Grasas saturadas</td> <td>2,1 g</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Gorduras trans / Grasas trans</td> <td>2,6 g</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Fibra alimentar / Fibra alimentaria</td> <td>0 g</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Sódio / Sodio</td> <td>47 mg</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">* VALORES GERAIS COM BASE EM UMA DIETA DE 2000 Kcal. O VALOR DO VALOR ENERGÉTICO É BASEADO EM UMA DIETA DE 2000 Kcal. O VALOR DE 8% VDI É BASEADO EM 164 Kcal. ** VALORES GERAIS COM BASE EM UMA DIETA DE 2000 Kcal. O VALOR DO VALOR ENERGÉTICO É BASEADO EM UMA DIETA DE 2000 Kcal. O VALOR DE 8% VDI É BASEADO EM 164 Kcal.</p> </div> <p style="text-align: center;">Fonte: DUCHEN (20--)</p> <p>Após esta revisão, as questões em aberto devem voltar à tona como: <i>O conteúdo da embalagem está acima, abaixo ou é igual ao consumo diário recomendado? e qual o consumo diário de cada um?</i> (questões levantadas na Aula 1).</p>	Informação Nutricional / Información Nutricional			Porção de / Porciones 30 g (5 biscoitos / 5 galletas)			Quantidade por porção / Cantidad por porción					%VDI*	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	<p>Para seguir a investigação, foi feita uma revisão de tudo aquilo que já havia sido discutido, organizando os conhecimentos e novas informações, sendo o passo seguinte retomar o cálculo do consumo diário individual.</p> <p>Na aula 3 os alunos já haviam concluído que o conteúdo total da embalagem não seria suficiente para suprir as necessidades energéticas diárias, caso o valor destas fosse 2000 <i>Kcal</i>, conforme a embalagem sugere na Tabela de Informação Nutricional. Porém uma questão ficou aberta na ocasião: <i>“Qual a necessidade diária de energia de cada um?”</i>.</p> <p>O cálculo da Taxa de Metabolismo Basal, “quantidade mínima de energia (calorias) necessária para manter as funções vitais do organismo em repouso” (BEM ESTAR) não é complexo, basta seguir uma fórmula (Diálogo 7 do Apêndice D).</p>
Informação Nutricional / Información Nutricional																																						
Porção de / Porciones 30 g (5 biscoitos / 5 galletas)																																						
Quantidade por porção / Cantidad por porción																																						
		%VDI*																																				
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																																				

Quadro 10 - Aula 6: Recapitulação

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
g) Recapitulação e síntese	<p>Para tanto é apresentada uma tabela de cálculo do consumo ideal que considera, principalmente, três fatores: idade, sexo e atividade física (Anexo A). Com base nela, cada aluno deve calcular seu consumo médio recomendado e compará-lo ao valor sugerido nas Tabelas de Informações Nutricionais presentes nas embalagens da maioria dos alimentos.</p> <p>Pretende-se levar o estudante a perceber que estes valores variam para cada pessoa, que têm critérios para o cálculo e que o valor proposto pelos fabricantes é apenas uma média, fazê-los comparar estes resultados entre si, observando quem obteve os maiores e menores valores e calcular a média de todos da turma.</p> <p>Como fechamento, o tema deve ser recolocado baseado no que já foi descoberto: <i>De onde e de que maneira vem a energia que faz nosso corpo funcionar?</i></p>	<p>Não houve necessidade de propor comparações, pois os próprios estudantes as fizeram sozinhos ao verificarem que os resultados dos colegas eram diferentes, tentando assim estabelecer explicações. Aqueles que apresentam estrutura física menor obtiveram valores menores, os mais altos encontraram valores maiores.</p> <p>Para finalizar esta etapa, o tema foi reapresentado: <i>“Como descobrir a quantidade de energia gerada pelos alimentos?”</i>.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

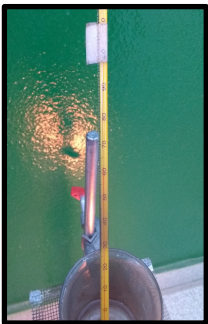
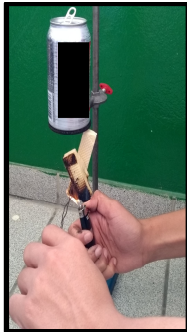
Quadro 11 - Aula 7: Atividade Experimental

(continua)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
	<p>Para seguir a investigação, o próximo passo é a atividade manipulativa. Os objetivos do experimento devem ser colocados à turma que, por sua vez, deve estabelecer possíveis procedimentos para atingi-los.</p>	<p>Na etapa da atividade manipulativa, apesar de já ter sido planejada pelo professor com antecedência, procurou-se deixar por conta dos alunos tais procedimentos, sendo que alguns dos detalhes da dinâmica podem ser observados no Diálogo 8 do Apêndice D.</p> <p>Após as discussões e sugestões partiu-se para a execução daquilo que foi planejado. Em um determinado instante a aluna Manu questionou se seria possível usar óleo, conforme mostrou o simulador. A resposta foi “sim”, porém, devido a maior praticidade da água em relação ao óleo, esta foi escolhida.</p>

Quadro 11 - Aula 7: Atividade Experimental

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
e) Interpretação dos resultados e conclusões.	<p>Desta forma, o ideal é que as ideias de ‘como’ proceder provenham dos estudantes, ou seja, o roteiro não deve ser apresentado de início. Ao docente cabe ouvir estas propostas e, se necessário, aperfeiçoá-las, até que todos cheguem a um consenso de como conduzir o experimento. O essencial é que a classe elenque, por si mesma, quais dados devem ser coletados com esta atividade experimental.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 16: execução do experimento.</p> <p>16a) Termômetro marcando 60 °C na água aquecida. 16b) Aluno ateando fogo a bolacha (no início do experimento).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">Fonte: arquivo pessoal.</p> <p>Por conta de as mesas do laboratório de Ciências da escola serem de madeira e o chão de taquinhos de mesmo material, foi preciso realizar o procedimento no corredor (que é de piso cerâmico e as paredes de concreto). Os alunos trabalharam em equipes: seis duplas e um trio. Assim, embora estivesse disponível, o roteiro do experimento não foi divulgado, e seguindo as sugestões dadas por eles mesmos, baseados no simulador (Figura 14), pesaram duas bolachas e prenderam em um pedaço de arame. Utilizando materiais do laboratório colocaram certa massa de água no recipiente (alguns usaram vidro pois não tinham latinha) e, após inserir o termômetro e marcar a temperatura inicial da água, atearam fogo no alimento. Três equipes não conseguiram fazer com que o alimento queimasse totalmente e a temperatura da água praticamente não variou. Outras quatro equipes obtiveram sucesso e a água alcançou temperatura elevada, por conseguinte, foi feita uma nova divisão e aqueles que não atingiram o objetivo se juntaram aos que conseguiram. As equipes que obtiveram as maiores variações de temperatura foram Manu e David (29 °C) e Jade e Alessandro (70 °C). A parte final foi pesar novamente o resíduo não queimado de alimento.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Antes de prosseguir com a discussão, é importante mencionar algumas observações acerca da execução da atividade manipulativa, visando futuras aplicações da mesma. A manipulação de determinados materiais mostrou-se um tanto complicada para alguns grupos, uma vez que não é algo trivial ou rotineiro, surgindo dificuldades diversas que foram elencadas a seguir:

- a) Pesar as duas bolachas, pois a balança pode oscilar: Em razão disso, a equipe ficava em dúvida de esperar que a leitura se estabilizasse ou pegar o valor instantâneo. E neste caso, qual valor seria o mais acertado;
- b) Prender as bolachas no arame: (ninguém tinha garfos) fazia com que estas se quebrassem ou caíssem, tal ação, por mais simples que possa parecer, exige prática;
- c) Queimar a bolacha: dado que vários grupos ao atear fogo o faziam na parte superior do alimento, ou seja, desconhecem processos de convecção e a tendência do fogo de subir no material;
- d) Ler o termômetro: o laboratório possui termômetro de mercúrio com e sem corante. A complexidade estava justamente naqueles sem corante, pois o nível do líquido é menos visível e exige um olhar mais apurado.
- e) Administrar o fogo (labareda): pois requer cuidados como saber a localização do extintor mais próximo, evitar materiais inflamáveis nas proximidades e, principalmente e mais custoso de conseguir, conscientizar os alunos para manter os cabelos presos e evitar mangas cumpridas e fones pendurados;
- f) Evitar que os alunos comam o restante de bolachas que sobraram durante a prática: O laboratório de ciências é o local menos indicado para realizar refeições, pois há risco permanente de contaminação por resíduos de substâncias químicas, ainda assim alguns alunos não resistiram e acabaram ingerindo as bolachas durante o procedimento, em desacordo com as orientações para que não o fizessem.

Quadro 12 - Aula 8: Discussão e Conclusão

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação												
f) comunicação dos resultados e h) Aplicação a novas situações.	<p>Assim como antes, deve-se aguardar que estas perguntas e hipóteses partam dos alunos, somente no caso destes não conseguirem elaborá-las sozinhos é que o professor deve intervir.</p> <p>Pontos que não tenham sido elencados pelos estudantes na aula anterior, mas que são fundamentais para a conclusão da sequência e para responder a questão desafio, podem surgir.</p> <p>É necessário também que os discentes percebam que dados como o calor específico da água e do alumínio (pois o recipiente foi uma latinha) são fundamentais, assim como o tipo de calor, isto é, como a energia absorvida foi empregada pela água (apenas para aumentar sua temperatura ou houve ebulição?). Acredita-se que algumas questões sejam levantadas pelos próprios alunos, outras não, exigindo novamente nesse tempo a intervenção do professor, o que é bastante normal haja vista tratar-se de metodologia diferente daquela que tradicionalmente impõe passividade à classe.</p> <p>Para melhor administração do tempo, as discussões sobre o experimento devem ser feitas na aula, neste último encontro, e os exercícios encaminhados para treino em casa. Entretanto, ao fim desta aula, é imprescindível retornar ao desafio e respondê-lo. Os estudantes devem argumentar com base em tudo que foi visto e discutido nestes oito encontros. A utilização dos termos científicos corretos é sempre a ideal e deve ser incentivada pelo professor.</p>	<p>Esta etapa consiste em avaliar todos os dados obtidos, verificar se são suficientes para responder ao questionamento inicial, pesquisar informações adicionais (caso seja preciso), convergir todos estes conhecimentos para o foco do trabalho.</p> <p>Reunindo as informações obtidas, para melhor organização, a tabela de dados mostrada na Figura 17 a seguir foi sendo construída:</p> <p>Figura 17: Tabela de dados obtidos no experimento que deve ser preenchida pelos alunos (autoria própria).</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">$T_i =$ _____</td> <td style="width: 50%;">$T_f =$ _____</td> </tr> <tr> <td>$\Delta T =$ _____</td> <td>$m_{\text{água}} =$ _____</td> </tr> <tr> <td>$m_{\text{alimento}} =$ _____</td> <td>$m_{\text{porção}} =$ _____</td> </tr> <tr> <td>$m_{\text{alumínio}} =$ _____</td> <td>$\text{energia}_{\text{porção}} =$ _____</td> </tr> <tr> <td>$C_{\text{água}} =$ _____</td> <td>$C_{\text{alumínio}} =$ _____</td> </tr> <tr> <td>$P_{\text{atm}} =$ _____</td> <td>$P_{\text{VH}_2\text{O}} =$ _____</td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center;">Elaborado pela autora (2019)</p> <p>A resposta à questão desafio foi elaborada com a colaboração de todos (Diálogo 9 do Apêndice D) e as atividades restantes ficariam de tarefa, sendo permitida pesquisa no caderno.</p>	$T_i =$ _____	$T_f =$ _____	$\Delta T =$ _____	$m_{\text{água}} =$ _____	$m_{\text{alimento}} =$ _____	$m_{\text{porção}} =$ _____	$m_{\text{alumínio}} =$ _____	$\text{energia}_{\text{porção}} =$ _____	$C_{\text{água}} =$ _____	$C_{\text{alumínio}} =$ _____	$P_{\text{atm}} =$ _____	$P_{\text{VH}_2\text{O}} =$ _____
$T_i =$ _____	$T_f =$ _____													
$\Delta T =$ _____	$m_{\text{água}} =$ _____													
$m_{\text{alimento}} =$ _____	$m_{\text{porção}} =$ _____													
$m_{\text{alumínio}} =$ _____	$\text{energia}_{\text{porção}} =$ _____													
$C_{\text{água}} =$ _____	$C_{\text{alumínio}} =$ _____													
$P_{\text{atm}} =$ _____	$P_{\text{VH}_2\text{O}} =$ _____													

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

4. 1. 1. DISCUSSÃO E ANÁLISE GERAL DA APLICAÇÃO DA PARTE 1

O consumo diário de energia de cada indivíduo (TMB) foi um questionamento que surgiu na aula 2, mas estava programado para ser abordado na sequência somente na aula 6. Sabendo-se que cada grupo de alunos tem suas características e a aula segue rumos diferentes com turmas diferentes, seria interessante que, em uma aplicação futura, este cálculo, assim como as outras atividades, não seguissem a rigidez de uma programação, mas sim que estivessem todas à disposição, para serem utilizadas quando o ensejo lhe fosse mais adequado.

Essa rigidez relativa imposta por uma sequência de ensino muitas vezes oprime discussões muito pertinentes, mas que fogem ligeiramente ao tema escolhido. Ainda que se retorne à esta linha de estudo em outra oportunidade, o interesse já não é mais tão grande. Por esta razão, o professor pode, durante o planejamento, reorganizar as atividades de modo que a série de atividades elaboradas siga mais fluida. Cabe ao docente “permitir a adaptação das atividades às necessidades dos alunos, valorizando suas contribuições e conhecimentos prévios” (AZEVEDO e FIREMANN, 2017).

Muitas atividades investigativas apresentadas aqui foram propostas aos alunos de forma impositiva, tais como o uso de determinado simulador ou o cálculo da TMB. Tal procedimento, embora não descaracterize a metodologia escolhida, não é necessariamente o mais adequado no que diz respeito à autonomia do discente. Em vista disso, a razão desta sequência seguir este curso está associada à falta de computadores/celulares e falta de acesso a rede para os estudantes realizarem suas próprias pesquisas. Muitos deles não haviam trazido consigo celulares, e aqueles que o fizeram não tinham *internet*, sendo que dos quinze alunos presentes, apenas um possuía ambos os recursos.

Essa carência fez com que a intervenção do docente, no sentido de orientar o passo seguinte, se tornasse mais contundente. Entretanto, este tipo de metodologia permite a possibilidade de exposição de determinado conceito. Essa “transmissão de conhecimento” pode ocorrer desde que não seja uma ação predominante (LIMA, 2015).

A construção da tabela de dados coletados a partir do experimento foi feita de forma coletiva e gradual à medida que a investigação prosseguia, tomando sua forma completa e fornecendo informações para o cálculo. Esse é um passo importante na evolução do saber, pois

“[...] a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal. As Ciências necessitam para expressar suas construções, de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo de linguagem matemática. Portanto, temos de prestar atenção nas outras linguagens,

uma vez que somente as linguagens verbais - oral e escrita - não são suficientes para comunicar o conhecimento científico” (CARVALHO, 2013).

Observou-se claramente que os estudantes que participaram deste projeto não têm como hábito pesquisar, não obstante a consulta de informações simples, como o calor específico do vidro, por exemplo. Quando a questão é mais profunda parecem paralisados, sem noção de como prosseguir. Apesar da sequência de ensino conter todas as atividades encadeadas, esperava-se mais proatividade dos estudantes e que sugerissem ações de investigação que levassem a resposta. Acredita-se que isso se deva ao ensino tradicional, de aulas expositivas e alunos passivos, ser a metodologia predominante vivenciada até então por estes estudantes.

4. 2. PARTE 2: ENERGIA E OS GASES

Nesta segunda parte o objetivo é estudar as características do estado gasoso utilizando como exemplo o gás hidrogênio, relacionar suas propriedades físico-químicas e as razões que o levam a ser chamado de combustível “limpo” ou “do futuro”.

Este segundo encontro ocorreu no dia vinte e quatro do mês de junho, do ano de 2019. Os alunos Gabriel e Vinicius não puderam comparecer, mas uma nova colega juntou-se ao grupo: Sarah. Participaram então 14 alunos divididos em seis equipes e a sequência realizou-se em pouco mais de três horas.

Foi solicitado previamente que os alunos trouxessem algodão e fósforos, porém somente alguns atenderam e emprestaram àqueles que não tinham. Nesta aula os estudantes receberam textos e questionários impressos, bem como o roteiro da atividade prática, dado que esta é ligeiramente mais complexa que aquela da sequência anterior.

Quadro 13 - Aula 1: O Desafio e as concepções prévias

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
a) Escolha do objeto de estudo e do problema b) Expressão de ideias e emissão de hipóteses	<p>Inicia-se a sequência com a leitura de um texto da revista Autoesporte (2015), que compara a autonomia de um carro movido a hidrogênio com a de um carro elétrico (Anexo B). Esta reportagem originará o desafio da Parte 2 do PD.</p> <p>Além das conjecturas expostas pelos alunos, é preciso também tomar nota das concepções prévias a respeito de conceitos básicos para este tema e considerar que conceitos como temperatura, energia e calor serão resgatados da sequência de ensino anterior de maneira que esta Parte 2 do PD não pode ser aplicada sem ser precedida pela Parte 1.</p> <p>Por apresentar inúmeras particularidades, o hidrogênio deve antes de tudo ser reconhecido enquanto gás, sendo que as ideias alternativas indicarão no que se pautam as informações que os alunos trazem e quais enfoques o professor deverá promover ao longo da aplicação da SEI. O questionário encontra-se no Apêndice B.</p>	<p>A nova investigação iniciou-se com a leitura e interpretação da reportagem da revista Autoesporte (2015) A discussão encontra-se no Diálogo 1 do Apêndice E.</p> <p>Observou-se com essa conversa preliminar que havia uma certa confusão a respeito das propriedades dos combustíveis. Ao serem questionados sobre o que seria preciso saber para responder ao desafio, obteve-se respostas como marca, quantidade de gás e valor energético. Assim, percebendo-se que a discussão não iria mais evoluir, o questionário sobre ideias alternativas foi aplicado. Constantemente durante o registro de suas respostas, as equipes solicitavam a confirmação do professor, que não foi dada, ficando evidente o receio de errar. Para amenizar este receio, foi indicado aos alunos que o questionário se referia mais a uma opinião ou algo que lhes viesse à cabeça. As respostas completas de todas as equipes à todas as questões encontram-se no Apêndice F. Nenhuma equipe mencionou quantidade de energia gerada, fator que torna o hidrogênio mais vantajoso sobre outros combustíveis e que deve ser abordado durante o experimento.</p> <p>As explicações revelaram que, embora muitos alunos tenham uma boa noção de que o hidrogênio apresenta uma energia de combustão muito maior que outros combustíveis, as relações entre as variáveis de estado e as características do estado gasoso estão bastante desalinhadas.</p> <p>Ainda que a definição de gás não esteja bem clara, é evidente que todos reconhecem um gás, o que foi observado nas respostas da questão dois. É então nas lacunas que a sequência de ensino deve atuar de forma mais enfática, sem desconsiderar tais concepções, pois “não podemos iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas que iremos fazer” (CARVALHO, 2013).</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 14 - Aula 2: Estado de Agregação

(continua)

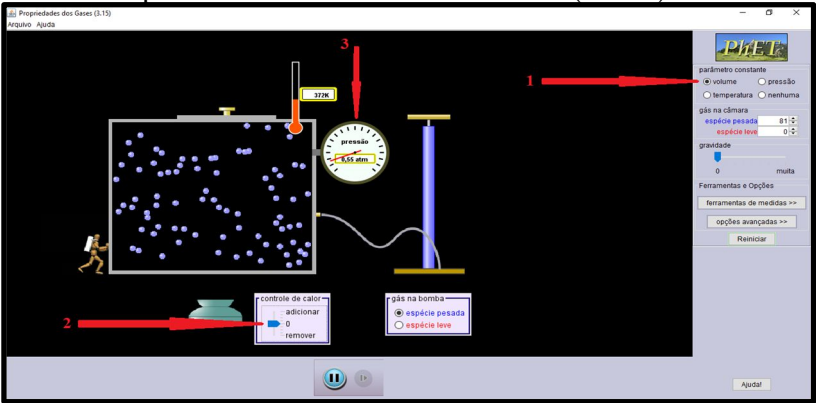
Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
c) Planejamento da investigação	<p>É necessário reconhecer o estado gasoso para planejar os próximos passos. O simulador do <i>site</i> Phet, Estados da Matéria, além de estabelecer diferenças entre os três estados da matéria, mostrará variáveis como temperatura e volume, que deverão ser consideradas na investigação.</p> <p>Este recurso apresenta no estado sólido moléculas muito agrupadas, no gasoso as mesmas encontram-se totalmente livres e no líquido em uma forma intermediária. Além disso, é possível optar por quatro espécies químicas diferentes: Neônio (inicial), Argônio, Oxigênio e Água. As duas últimas, por conta de serem di e triatômicas, são mais recomendadas, pois realçam não apenas a velocidade de translação, mas também a de rotação que tais partículas sofrem (diferente das monoatômicas, como é o caso das duas primeiras). Com isso as diferenças tornam-se ainda mais claras, pois o estado sólido exibe pouca agitação das partículas, movimentos de translação e rotação quase nulos em oposição aos estados líquido e gasoso em que estas velocidades são mais acentuadas.</p>	<p>Para avaliar as propriedades do hidrogênio, deve-se inicialmente conhecer as propriedades dos gases em geral. Logo, o simulador Estados Físicos da Matéria (Phet Colorado) será utilizado como ferramenta nesta etapa.</p> <p>O aluno Bruno foi convidado a operar o simulador, sendo que o resto da turma contribuiu com sugestões devido à falta de computadores para uso individual. Em princípio, projetou-se o estado sólido e as equipes foram questionadas sobre qual seria o estado físico mostrado. Com exceção de uma delas, que acreditava tratar-se de um gás, todos concordaram que aquele seria o estado sólido.</p> <p>Para provocar um confronto cognitivo nesta equipe, a questão foi debatida em conjunto (ver discussão no Diálogo 2 do Apêndice E) e, por fim, todos concordaram nas respostas.</p>

Quadro 14 - Aula 2: Estado de Agregação

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
c) Planejamento da investigação	<p>Este simulador ainda possibilita o destaque do volume ocupado pela substância no estado sólido, que é bem definido, em contrariedade com aquele ocupado pelo gás, ou seja, o próprio volume do recipiente, e ainda os choques de partículas com as paredes do reservatório, que são muito contundentes no gás e praticamente inexistentes no sólido, possibilitando assim a definição de pressão.</p> <p>Outra ação pertinente ao estudo é aumentar a temperatura continuamente, partindo-se do material no estado sólido até chegar ao gasoso, passando pela fusão e ebulição. Isso mostra a sequência dos estados e a evolução da agitação do sistema em função temperatura.</p> <p>Todos estes apontamentos devem ser explorados detalhadamente junto da classe para que não haja confusões no futuro e, sendo o hidrogênio um gás, todas as conclusões a respeito deste estado se aplicam a ele. O professor tem de aguardar que os próprios alunos cheguem a estas inferências sozinhos, mesmo que utilizando para isso uma linguagem não científica. Após isso, a formalização do conceito pode ser feita, caso seja necessário.</p>	

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Conhecidas as propriedades gerais dos três estados físicos, é hora de analisar especificamente a fase gasosa e como esta reage às variações de pressão, volume e temperatura, e mais ainda, como estas variáveis de estado se relacionam.</p> <p>Lança-se mão de outro simulador, Propriedades dos Gases, do site Phet Colorado, que traz a possibilidade de manter uma variável fixa para observar o comportamento das outras duas. Prossegue-se desta forma até que as relações entre elas sejam estabelecidas.</p> <p>Figura 18: Variáveis de Estado do Gás: As setas indicam que ao se manter o volume (seta 1) e aumentar a temperatura (seta 2) a pressão também sofrerá aumento (seta 3).</p>  <p>Fonte: PHET (2020)</p>	<p>Dando prosseguimento, utilizou-se o Simulador Virtual para compreender como as variáveis de estado se relacionam. Assim, fixava-se uma delas e observava-se como as outras duas variavam. Esse procedimento foi repetido para pressão, volume e temperatura.</p> <p>A finalização foi feita com uma revisão geral e, como exercício de fixação, os três vídeos programados foram exibidos. Todos responderam corretamente.</p> <p>Após a explicação do procedimento do primeiro vídeo, foi dada uma pausa e foram feitas as seguintes perguntas aos estudantes: <i>Qual a variável fixa? Por que? Como as outras variáveis se relacionam?</i> Todos se saíram bem nas respostas, entretanto, a linguagem formal fica aquém do esperado: “A bomba vai ‘tirar’ a pressão”, explicação dada por Evelyn sobre o aumento do volume de um balão inserido em recipiente fechado e evacuado.</p> <p>Ao serem lembrados que o hidrogênio também é um gás e questionados sobre como descobrir seu comportamento a resposta foi novamente: “Queimando ele!”, dando assim a abertura para a próxima aula com atividade experimental.</p>

Quadro 15 - Aula 3: Variáveis de Estado

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação.	<p>Este procedimento didático, assim como os outros, tem por base as respostas dadas no questionário de concepções prévias. Ou seja, é possível executá-lo de forma mais ou menos detalhada, conforme forem obtidas as respostas. Por exemplo: se na análise das respostas dadas à questão da relação entre as variáveis (ver Apêndice B) observa-se que todos acertaram, será conveniente apenas uma exibição rápida desta simulação. Se, por outro lado, houver divergências nas respostas, será então mais indicado uma abordagem minuciosa desta etapa.</p> <p>Ainda neste encontro, como fechamento, sugere-se um exercício à turma, que será a análise de três vídeos onde os alunos devem identificar a variável mantida constante (pressão, volume ou temperatura) e a relação de proporcionalidade existente entre as outras duas em cada uma das experiências:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como encher bexiga dentro da garrafa (MANUAL DO MUNDO); - Transformações gasosas (PONTOCIÊNCIA, 2011); - Implodindo uma latinha de alumínio (PONTOCIÊNCIA). <p>Tais vídeos estão disponíveis no <i>site Youtube</i> e apresentam experimentos com o ar.</p>	

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 16 - Aula 4: Produção de Hidrogênio

(continua)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação e e) Interpretação dos resultados e conclusões.	<p>A atividade manipulativa consiste na produção de hidrogênio, por conta disso várias informações devem ser coletadas a partir do experimento, como volume, temperatura do gás produzido e a pressão exercida por ele. Esses dados serão utilizados para obter-se a massa, número de mols e de moléculas de hidrogênio que serão calculados com auxílio da equação de Clapeyron, apresentada aos alunos neste momento (ver equação 39). Relevante mencionar que a correção das unidades de medida é necessária, de forma que o volume seja dado em <i>litros</i> (a proveta é graduada em <i>mililitros</i>), a pressão em <i>milímetros de mercúrio (mmHg)</i> e a temperatura em <i>Kelvin</i> (o termômetro é analógico, graduado em <i>Celsius</i>).</p> <p>Como neste experimento o hidrogênio é formado pela reação entre uma solução aquosa de ácido clorídrico e magnésio metálico, haverá, conseqüentemente, presença de vapor de água no reservatório.</p>	<p>Devido a dificuldade de produzir e manipular o hidrogênio, o roteiro da prática foi apresentado pronto, sem possibilidade de adequações, com explicações detalhadas sobre cada procedimento.</p> <p>Antes de executar a atividade, algumas explicações e recomendações foram dadas como, por exemplo, o fato do ácido estar diluído, e que por isso não causaria ferimentos caso entrasse em contato com a pele. Outro procedimento importante é não reverter a proveta até o momento do teste do gás.</p> <p>Das seis equipes, apenas uma não obteve êxito na produção do gás, isso se deu devido à falta de rigor na execução do procedimento, que exige manipulação cuidadosa das substâncias para evitar perda de gás. Daqueles que produziram corretamente hidrogênio, uma não fez o teste corretamente e o gás foi perdido para atmosfera. O sucesso deste experimento está associado ao respeito rigoroso do procedimento, qualquer erro nesta etapa faz com que o gás seja perdido. Todavia, caso isto ocorra, o experimento pode ser eventualmente repetido.</p> <p>Após a realização do experimento foi lido um texto de curiosidade e seguiu-se para a discussão.</p>

Quadro 16 - Aula 4: Produção de Hidrogênio

(conclusão)

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
d) Nova Informação e e) Interpretação dos resultados e conclusões.	<p>O vapor de água não exercerá, nesta temperatura, pressão considerável (a 30 °C a pressão do vapor é apenas 31,8 mmHg), entretanto, para que o resultado seja o mais próximo possível do valor real, este vapor tem de ser levado em conta.</p> <p>No teste do gás as propriedades do hidrogênio (baixa densidade e explosivo) se destacam. Ao se aproximar um palito de fósforo aceso da proveta observa-se uma pequena explosão. Para que isso ocorra com sucesso é importante manter esta proveta sempre invertida.</p> <p>Estes dois procedimentos: manter a proveta virada para baixo e a queima do hidrogênio, evidenciam suas propriedades mais relevantes que são, respectivamente, sua baixa densidade e sua reatividade com oxigênio.</p> <p>Deve-se ressaltar para a turma a capacidade do hidrogênio de reagir violentamente com o oxigênio, causando explosão e gerando água como único produto, além de muita energia. É exatamente isso que o torna um combustível excelente, conferindo-lhe o título de combustível limpo. Isso pode ser observado pela falta de resíduos na proveta e pela dimensão da explosão obtida que, mesmo com pequeno volume de gás, é perceptível.</p> <p>Como fechamento da atividade prática, um breve texto de curiosidade sobre os balões dirigíveis deve ser lido para a classe, além de outro sobre combustíveis renováveis (Anexo C). Após a realização do experimento no laboratório deve ser feita a reorganização dos materiais e limpeza do espaço.</p>	<p>Observação: Algumas precauções e esclarecimentos devem ser enfatizados</p> <p>a. Não é preciso tomar nota da massa de magnésio, do volume de ácido e água utilizados, pois o objetivo não é o cálculo estequiométrico;</p> <p>b. No momento do teste do gás, dependendo do volume produzido, a explosão pode ser mais ou menos efetiva portanto, deve-se ter o cuidado de não virar a proveta na direção de alguém;</p> <p>c. Os resíduos da experiência devem ser neutralizados antes de serem descartados. É importante solicitar às equipes que os coloquem em recipiente adequado, previamente reservado para este fim.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 17 - Aula 5: Análise dos Dados

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
e) Interpretação dos resultados e conclusões e f) Expressão e comunicação dos resultados.	<p>Os dados coletados de volume, pressão, temperatura e a constante universal dos gases devem ser substituídos na equação dos gases ideais para se obter o número de mols formado na reação. Através da proporcionalidade é possível também chegar à massa e ao número de moléculas, o que permite inferir que estes valores (massa e número de mols) são extremamente baixos, dado que trata-se de trabalho em microescala, mas que ainda assim produzem uma explosão considerável. É a alta reatividade do hidrogênio.</p> <p>A equação química também deve ser discutida ($2\text{HCl} + \text{Mg} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$) para ressaltar que a produção de hidrogênio não depende da presença de água, mas que esta foi usada para diluir o ácido tornando-o menos perigoso que sua versão concentrada.</p> <p>Assim, ao fim desta etapa, todos os questionamentos e o desafio podem ser respondidos com domínio pela turma.</p>	<p>Antes de dar seguimento a etapa seguinte algumas inferências foram feitas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pessoal, o que a gente já pode dizer do hidrogênio? (Professora) - Que é potente. (Patrick) <p>Essa conclusão se baseou no fato de algumas equipes conseguirem uma explosão significativa, apesar de pouco volume de gás produzido. Além disso, o texto que explica e dá exemplos do que é um combustível fóssil (Anexo C) foi lido e fez-se novamente um comparativo.</p> <p>Em seguida, partiu-se para a discussão e interpretação dos dados. Para que todos pudessem acompanhar, tomou-se por base os valores de uma das equipes. Para determinar a pressão exercida pelo gás, o roteiro sugere tomar-se a pressão atmosférica, subtraída a pressão de vapor da água ($P_{\text{gás}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vágua}}$).</p> <p>Neste momento surgiram várias dúvidas, ainda que a pressão de vapor já tivesse sido explanada nas aulas de Química, muitas interrogações foram feitas e um pouco mais de tempo foi despendido neste item*.</p> <p>Vencidos os obstáculos a aula prosseguiu. O número de mol, massa e moléculas foram calculados sem problemas. Após isso, vieram as respostas que estão detalhadas no Diálogo 3 do Apêndice E.</p> <p>As equipes perceberam que com uma quantidade muito pequena de hidrogênio formada foi possível obter uma explosão significativa (possível de ser ouvida por toda a turma dentro do laboratório). Esta explosão necessitou de uma faísca, produzida pelo palito de fósforo aceso, daí a conclusão de tratar-se de uma queima. Além disso, acredita-se que todos saibam que os gases sejam armazenados em cilindros por conta de sua experiência prévia com o gás de cozinha.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

* Para uma futura aplicação, uma das seguintes sugestões pode ser considerada:

- Retirar a pressão de vapor da água do cálculo da pressão do gás, haja visto que na temperatura ambiente esta diferença é pouco maior que 4%;
- Inserir a definição de pressão de vapor no PD;
- Inserir uma explicação no roteiro do que é a pressão de vapor.

Quadro 18 - Aula 6: Exercícios de Revisão

Etapa	Planejamento	Relato da Aplicação
g) Recapitulação e síntese e h) Aplicação	<p>A finalização se dá pela aplicação em exercícios dos conhecimentos adquiridos na sequência de ensino. Essas atividades exigem saberes que vão além da disciplina de Física, isto é, requerem igual domínio da Química e devem ser propostos para resolução em casa, pois necessitam de mais tempo para reflexão e resolução. É permitido ainda que o estudante pesquise seus registros de ambas as disciplinas. Ficam, por conta disso, como tarefa que o professor de Física ou Química podem corrigir.</p>	<p>Os exercícios foram aplicados como tarefa de casa e deveriam ser resolvidos de forma individual, sem a troca de informações com os colegas, constituindo parte da avaliação</p> <p>Durante a correção, na aula seguinte, alguns alunos apresentaram pequenas dificuldades conceituais derivadas das aulas de Química, como por exemplo, na classificação de uma reação química em endo ou exotérmica, entretanto, saíram-se bem em todo o resto.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

4. 2. 1. DISCUSSÃO E ANÁLISE GERAL DA APLICAÇÃO DA PARTE 2

Questões que não foram contempladas no PD precisaram ser levantadas no momento da aplicação como, por exemplo, a definição de *autonomia* de um carro. A pergunta quatro (sobre como as variáveis de estado se relacionam) não foi bem compreendida pelos alunos, pois deveria detalhar quais são essas “relações” no que diz respeito a proporcionalidade das variáveis. Até mesmo na interpretação das expressões “diretamente” e “inversamente proporcionais” ocorreram dúvidas, sendo assim, seria mais conveniente esclarecer o que significam.

Ainda que as respostas escritas tenham parecido estranhas ou sem sentido, nas discussões com o grande grupo suas respostas são bem acertadas. Isso pode estar relacionado à dificuldade em formalizar ideias e organizar o pensamento. Em muitas respostas os estudantes gesticulavam ou usavam expressões faciais que os ajudavam a se fazer entender, recursos esses que não podem ser utilizados em um texto. Ademais, seu vocabulário não é tão extenso e o uso de gírias é comum.

A sincronia entre as disciplinas de Física e Química não é imprescindível, mas ajuda muito. Nesta parte do PD observou-se que havia algumas lacunas conceituais que dificultaram o andamento das atividades. Isso ocorreu por razão do professor de Química ainda não ter alcançado o conteúdo *Termoquímica*, essencial para a compreensão plena do objeto de estudo. Este é mais um dos problemas que podem surgir na execução de projetos interdisciplinares, sendo contornado com uma exposição oral, não afetando o andamento da sequência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do produto didático teve como principais objetivos, promover o estudo do calor através de uma ampla gama de recursos, em especial de aulas práticas e experimentação, além de fomentar a interdisciplinaridade entre a Física e a Química, fornecendo material didático adequado e completo para a prática docente na área das Ciências Naturais. Ademais, essa variedade de recursos e diferentes abordagens tornaram as aulas mais atrativas, aumentando a participação dos alunos e desenvolvendo sua autonomia em relação à construção e apropriação do conhecimento.

A eficiência da metodologia proposta pôde ser avaliada a partir de análises qualitativas de aproveitamento dos alunos, além de aspectos relevantes referentes à sua motivação e participação nas aulas. Ao serem analisadas as respostas dadas pelos alunos ao final de cada parte (localizadas nas transcrições dos diálogos), foi possível observar que as respostas se mostram coerentes e acertadas, ainda que em alguns casos apresentassem uma evidente falta de domínio da linguagem científica. Alguns deles, após a aplicação das sequências, inclusive relataram de forma espontânea sua preferência em relação a esse formato de aulas quando comparadas com as aulas tradicionais.

De forma geral, os recursos didáticos utilizados suscitaram enorme interesse nos estudantes, de modo que houve participação efetiva dos mesmos nas diferentes atividades propostas. Essa variedade de abordagens, como vídeos, simulações e atividades experimentais (preferidas dos alunos), ajudou a tornar a sequência mais dinâmica e atrativa, além de desafiar as habilidades motoras e cognitivas dos estudantes.

A utilização da metodologia de SEI mostrou-se adequada ao Ensino Médio, tendo em vista que nesta etapa do ensino os alunos possuem mais independência de ações e pensamentos, fazendo com que o professor possa exercer a função de dar orientações gerais e supervisionar as atividades que culminem na construção e apropriação de diferentes conceitos. Os conceitos foram desenvolvidos tomando como ponto de partida saberes comuns às disciplinas de Física e Química, como temperatura e calor, por exemplo, culminando na abordagem de conhecimentos específicos, tais como calor latente e entalpia, possibilitando assim uma visão global e abrangente do conteúdo

Além disso, o estudo destes conceitos a partir de um ponto de vista interdisciplinar, isto é, explorando o fenômeno sob uma perspectiva macro e microscópica, demonstrou a permeabilidade e reciprocidade entre estas disciplinas de Física e Química. Isso ficou evidente em situações como na definição de calor sensível, onde o fenômeno (aquecimento da água)

pôde ser observado de forma macroscópica pela Física, através da variação de temperatura, e sob a ótica da Química, por meio da variação da energia cinética das partículas.

Como perspectivas futuras este trabalho ainda permite a introdução de outras disciplinas para enriquecer o debate interdisciplinar, como por exemplo, a Biologia, que pode ser envolvida a partir do estudo do corpo como organismo conversor de alimento em energia e os mecanismos bioquímicos pertinentes.

REFERÊNCIAS

- Aprendiz de Feiticeiro.** Direção: Jon Turteltaub. 2010.
- ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-Química: Fundamentos.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- AUGUSTO, T.G.S.; CALDEIRA, A.M.A. **Dificuldades para a Implantação de práticas Interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de Ciências da natureza.** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.12, n.1, 2007.
- 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.
- ÁVILA, L. A. B. *et al.* **A interdisciplinaridade na escola: dificuldades e desafios no ensino de ciências e matemática.** Lajeado: Signos, 2017.
- AZEVÊDO, L. B. S., FIREMAN, E. C. **Sequência de Ensino Investigativa: Problematizando Aulas de Ciências com Conteúdos de Eletricidade.** Rencima. v. 8. n. 2. 2017.
- 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.
- BORGES, A. T. **Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências.** In: Zylbersztajn, A. (Org.). Física. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. Química Gral. v. 1. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC. 1986
- 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.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica.** Brasília: Conselho Nacional de Educação, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF, 2016.
- 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.
- CASTELLAN, G. W. **Físico-Química.** Rio de Janeiro: LTC, 1977.
- CERBE, G. HOFFMANN, H. J. **Introdução a Termodinâmica.** São Paulo: Polígono, 1973.

- CIPRIANO, A. **Tecnologias Baseadas na Luz: Abordagem Contextualizada e Interdisciplinar entre Física e Química**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/182505/Tecnologias%20baseadas%20na%20luz%20corrigida1%20protegido.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 de jul. de 2018.
- COOPER, M. M.; KLYMKOSWSKY, M. W. **The Trouble with Chemical Energy: Why Understanding bond Energies Requires na Interdisciplinary Systems Approach**. CBE-Life Sciences Education. v. 12. 2013.
- DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 1998.
- DUCHEN. Disponível em: http://duchen.com.br/?page_id=247. Acesso em 03 de jan. de 2020.
- ELIAS, J. **Física, Química e História: Uma proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio**. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18846/1/2015_JulianoDeAlmeidaElias.pdf. Acesso em: 23 de jul. de 2018.
- FELTRE, R. **Química**. São Paulo: Moderna, 2000. 5. ed.
- GAROFALO, D. **Como as Metodologias ativas favorecem o aprendizado**. Nova Escola. Jun. 2018.
- GUEDES, E. A. A.; MENDES, M. L. M.; OMENA, C. M. B. **Interdisciplinaridade na Educação de Jovens e Adultos nas disciplinas Biologia e Língua Portuguesa: percepção de professores**. Rio de Janeiro: Revista Educação e Cultura Contemporânea. v. 16. N. 45. 2019.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2009. v 1
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- JUNIOR, F.; SOARES, P.; FERRARO, N. **Os Fundamentos da Física 1-Mecânica**. 11ª Ed. São Paulo: Moderna, 2015.
- KILHIAN, K. **Relação entre as Escalas Termométricas**. O Baricentro da Mente. 2010. Disponível em: <https://www.obaricentrodamente.com/2010/12/relacoes-entre-as-escalas-termometricas.html>. Acesso em: 02 de jan. de 2020.
- KRAMER, C. **Termodinâmica: Primeira Lei, Trabalho e Calor**. 2017. Disponível em: <https://www.slideshare.net/carlosaugustokramer/termodinmica-primeira-lei-trabalho-e-calor>. Acesso em: 21 de out. de 2018.
- LAPA, J., BEJARANO, M., PENIDO, N. **Interdisciplinaridade e o Ensino de Ciências: Uma análise da Produção Recente**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. Campinas. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0065-1.pdf>. Acesso em: 23 de jul. de 2018.
- LIMA, V. M. **Uma Sequência de Ensino Investigativa em aulas de Ciências do 9º Ano de uma Escola Pública: Reflexões e Apontamentos sobre o aprendizado de Conceitos, Procedimentos e Atitudes**. Ouro Preto, 2015.

- 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.
- MATTO, C. DRUMOND, Ana V. N. **Sensação Térmica: Uma abordagem Interdisciplinar**. In: Zylbersztajn, A. (Org.). Física. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- MONTEIRO, M. A. A. *et al.* **Uma proposta Interdisciplinar para o Ensino de Física, Química e Matemática a partir do Estudo do Uso de Bebidas Alcoólicas**. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2016. Ponta Grossa.
- 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.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 2009-2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 02 de jul. de 2019.
- MUNFORD, D. LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação**. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v. 09, n. 01. 2007.
- NASCIMENTO, M. L. O. *et al.* **Os desafios de trabalhar a interdisciplinaridade na visão dos professores de uma escola da rede estadual de ensino médio no município de sobral/CE**. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV045_MD4_SA4_ID5824_08092015131047.pdf. Acesso em: 10 Abr. 2020.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1997. V. 1.
- PICOLO, A. *et al.* **Integrando as Ciências, uma Proposta Interdisciplinar**. Revista de Educação do Cogeime. v. 21, n. 40. 2012. Instituto Metodista de Serviços Educacionais.
- 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.
- RODRIGUES, A. A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física tendo mapas conceituais como instrumento de Avaliação**. 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/atividades-experimentais-no-ensino-de-f%C3%ADsica-tendo-mapas-conceituais-como-instrumentos>. Acesso em: 23 de jul. de 2018.
- ROQUE, A.C. **A Segunda Lei da Termodinâmica**. Disponível em: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/BiofisicaBio/Termodin%E2mica%203.pdf>. Acesso em: 17 de jan. de 2019.
- RUSSELL, J. B. Química Geral. V. 1. 2ª Ed. Makron Books. 1996.
- SANTOS, B. C. D.; FERREIRA, M. **Contextualização como princípio para o ensino de Química no Âmbito de um curso de Educação Popular**. Pelotas: Experiências em Ensino de Ciências. v. 13. n. 5. 2018.

SCHULTZ, D. **Primeira Lei da Termodinâmica**. 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/primeira_lei.htm. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II. Termodinâmica e Ondas**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do. 2015.

SILVA, O. S.; RODRIGUES, M. A. **A interdisciplinaridade na Visão de Professores de Química do Ensino Médio: Concepção e Práticas**. VII Enpec. Florianópolis, 2009.

SILVA, D. C. M. **Transformação Isotérmica**. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/transformacao-isotermica.htm>. Acesso em: 04 de jun. 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.

TIPLER, P. A. **Física**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara dois, 1985.

TONET, I. **Interdisciplinaridade, Formação Humana e Emancipação Humana**. Serv. Soc. São Paulo, n. 116. 2013.

TREVISAN, T. S.; MARTINS, P. L. O. **O professor de Química e as aulas Práticas**. In: VII Congresso Nacional de educação e III Congresso Americano sobre Violência em Escolas. 2008.

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.

VARELA, L. **Interdisciplinaridade entre Física e Biologia em turmas de 8º ano do Ensino Fundamental: Possibilidade para o Ensino de Ciências**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/174162/344143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 de jul. de 2018.

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.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO QUE ABORDA AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES (PARTE 1).

Quadro 19 - Questionário sobre as concepções alternativas dos estudantes da Parte 1.

Questão	Justificativa/Expectativa
a. O que é calor?	É importante que o aluno saiba que o calor é um processo, um fenômeno que ocorre devido a diferença de temperatura entre dois corpos (numa definição simplificada). Essa compreensão exige o conhecimento de outros termos e um elevado nível de abstração. Assim, é necessário identificar quais destes saberes e habilidades já pertencem ao arcabouço intelectual deste estudante. Além disso, o termo “calor” é comumente utilizado para definir um clima quente, de elevada temperatura ambiente. Logo, acredita-se que as respostas irão variar em torno deste sentido.
b. O que é energia?	Bem como o calor, a definição de energia exige a compreensão de outros termos como, por exemplo, o trabalho. Assim, no caso do aluno não conhecer este último, dificilmente poderá reconhecer a energia como “capacidade de realizar trabalho” (em termos simplificados). Logo, não obstante ser esta uma palavra muito comum no cotidiano, acredita-se que as respostas seguirão em torno “energia elétrica” ou “movimento”.
c. Como o calor pode ser útil no dia a dia?	Em geral, não se costuma mencionar a expressão “falta de calor”. Em vez disso utiliza-se a palavra “frio”. De modo que o termo “calor” ficou associado a corpos (ou ambientes) de elevada temperatura e quando esta é mais baixa o termo “frio” é que predomina nas explicações. Por isso, espera-se que as aplicações mencionadas nas respostas façam referência apenas ao aquecimento. Caso isso se confirme, comprovar-se-á a associação do calor à alta temperatura.
d. Como a energia é fornecida ao nosso	Para responder corretamente a esta pergunta é preciso que o estudante saiba o que é “energia” (questão b.), no entanto neste caso supõe-se que haja uma intuição a respeito da alimentação tendo em vista que é do senso comum que toda pessoa precisa de alimentos para viver. Assim, é presumível que estabeleçam esta relação em suas explicações.
e. Como gerar calor?	Caso a previsão de respostas da questão c. se confirme, ou seja, que o calor só existe em materiais de elevada temperatura, as respostas dadas a respeito de sua geração seguirão em torno, invariavelmente, de processos de aquecimento.
f. O que é temperatura?	O termo temperatura é frequentemente utilizado nas aulas de Ciências da Natureza, porém nem sempre sua definição é discutida. Por conta disso, acredita-se que a despeito de saberem que esta se trata de uma “medida”, os estudantes não compreendam o que esta medida indica. O conceito de temperatura é a sustentação de tudo aquilo que será abordado neste projeto, sobre o qual os conceitos de “energia” e “calor” serão construídos, daí a importância de investigar até que ponto as ideias prévias dos estudantes são ou não acertadas.
g. Qual a diferença entre calor, energia e	É evidente que, caso o estudante desconheça o significado destes três termos (conforme respostas às questões a., b. e f.) não poderá explicar corretamente suas diferenças. Porém é ainda assim obrigatório observar se conseguem estabelecer relações entre estes conceitos, mesmo que equivocados ou se não percebem qualquer dependência entre tais.

h. Quais fenômenos o calor pode	A intenção é saber se os alunos conseguem associar algum fenômeno decorrente da transferência de energia em objetos. Acredita-se que os discentes não considerem a palavra “corpo” como qualquer material palpável, mas sim com o sentido de corpo humano. Assim, as respostas deverão apresentar esta conotação.
---------------------------------	---

Fonte: elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO QUE ABORDA AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES (PARTE 2).

Quadro 20 - Questionário sobre as concepções alternativas dos estudantes da Parte 2.

Questão	Justificativa/Expectativa
1. O que é um gás?	É fundamental verificar até que ponto os estudantes conhecem das fases da matéria. Os diferentes estados físicos apresentam propriedades muito distintas entre si. Reconhecer todas elas é essencial para diferenciar estes estados. Por tratar-se de conteúdo explorado na disciplina de Ciências, no nono ano do Ensino Fundamental e em alguns momentos nas Séries Iniciais, acredita-se que os alunos sejam capazes de enunciar as características de cada estado físico sem dificuldade, todavia não se pode ainda partir do princípio que todos já dominem o assunto.
2. Cite exemplos de gases que você conhece.	Apenas para confirmar a resposta anterior, é interessante verificar se são também aptos os alunos a enumerar alguns exemplos. Se a resposta a questão anterior estiver correta não haverá nenhum erro nesta.
3. Como a temperatura interfere no comportamento de um gás?	A temperatura aqui, é um conceito dependente da Parte 1 do PD. Por conta disso, é de se esperar que os estudantes tenham essa definição de forma muito clara. Espera-se ainda que estabeleçam uma dependência, mesmo latente, entre a temperatura e a densidade e entre a temperatura e a energia das partículas, configurando-se também uma verificação da eficácia da primeira parte do PD.
4. Como a pressão, o volume e a temperatura se relacionam para o estado gasoso?	Muitos alunos, a despeito de conhecerem tais relações, podem não conseguir expressá-las de forma nítida. As expressões “diretamente” e “inversamente proporcionais” podem confundi-los. Assim, é preciso inicialmente verificar se estes conhecem as relações corretamente. Em seguida observar se são capazes de usar termos corretos para elas.
5. O hidrogênio apresenta algum risco enquanto combustível?	Considerando que os estudantes ainda desconhecem as propriedades deste gás, prevê-se que não saberão ser ele perigoso ou não. Caso isso se confirme, esta ideia deve ser reformada ao longo da SEI já que, salvo as medidas de segurança inerentes à manipulação de qualquer combustível, esta substância apresenta alto risco de explosão.
6. Por que o hidrogênio é considerado um combustível limpo?	Analisar fenômenos que afetam diretamente o meio ambiente é também uma das competências estabelecida pela BNCC e que o estudante deve apresentar. Desta forma, necessário é verificar se os alunos já trazem consigo o conhecimento do conceito de “combustível” da aula de Química e reconhecem o hidrogênio como um combustível “limpo”.
7. Quais outros combustíveis você conhece?	Se a definição de combustível estiver corretamente sedimentada, acredita-se que a confirmação com exemplos não será difícil.

<p>8. Explique o que é autonomia e por que um automóvel movido a gás hidrogênio apresenta maior autonomia.</p>	<p>Inicialmente, no PD, esta questão era formada apenas pela segunda parte: “Explique por que um automóvel movido a gás hidrogênio apresenta maior autonomia.” Entretanto verificou-se, durante a aplicação, que muitos estudantes desconheciam o significado da palavra “autonomia”, assim, alterou-se a questão para o formato atual.</p> <p>É primordial o reconhecimento das vantagens do hidrogênio sobre outros combustíveis que, embora mais baratos, agravam fortemente a poluição e o efeito estufa.</p> <p>Novamente, os alunos devem buscar conhecimentos abordados na aula de Química para responder à esta questão. Um deles é a “energia de combustão” abordado dentro de Termoquímica.</p>
--	---

Fonte: elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE C – RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS SOBRE ENERGIA (PARTE 1).

a. O que é calor?	Equipe	Respostas
	1	Calor é a agitação das moléculas, o trabalho das moléculas.
	2	É a transmissão de energia através das moléculas.
	3	É a agitação das moléculas.
	4	Transmissão de energia.
	5	É o que aquece as pessoas.
	6	Agitação das moléculas.
	7	É a transmissão de energia.
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> - Eu acho que calor é uma temperatura acima da temperatura ambiente. (Natalia) - Mas a temperatura ambiente pode ser “quente” ... (Patrick) - Se eu encostar no Bruno vou sentir o “calor” dele. (Vinicius).É o que faz os átomos se dilatarem. (Patrick) <p>De acordo com o previsto, a palavra “calor” é associada a uma temperatura elevada, conforme resposta do aluno Patrick. Todavia a surpresa se deu com a associação à dilatação, bastante interessante pois revelou a lembrança de conteúdo já explorado em sala de aula e à agitação das moléculas que, embora não seja a definição de calor, apresenta relação com o mesmo. Apenas três equipes, na resposta escrita, mostraram maior coerência ao definir o calor como “transmissão de energia”. Isso leva a uma observação à parte: a referida turma é composta de público muito heterogêneo em relação ao saber prévio. As respostas escritas das outras quatro equipes não continham nenhuma das palavras “transmissão” ou “energia”, mostrando que o termo deve ser mais cuidadosamente abordado.</p>	

b. O que é energia?	Equipe	Respostas
	1	Energia é o que possibilita as moléculas a se movimentarem.
	2	É o que possibilita as moléculas a se movimentarem.
	3	É o que possibilita as moléculas a se movimentarem.
	4	Movimentação das moléculas.
	5	É o que a gente adquire através da comida.
	6	É o que possibilita as moléculas se movimentarem.
	7	Pode ser o que o nosso corpo produz para se manter vivo.
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> - É a transição de alguma coisa? (Evelyn)Ainda que o conceito de “trabalho de uma força” não seja totalmente dominado pelos estudantes, estes mostraram ter noção de que a energia produz movimento e de acordo com o esperado, esta palavra foi utilizada por cinco equipes. Nenhuma das equipes referiu-se aos tipos de energia, como esperava-se e duas delas deram respostas com referência a alimentação e a energia no corpo. Assim, de acordo com a expectativa, a turma apresenta uma vaga ideia do que seja energia, sendo preciso maior esclarecimento deste conceito. 	

c. Como o calor pode ser útil no dia a dia?	Equipe	Respostas
	1	Não sei.
	2	Para aquecer as coisas.
	3	Para cozinhar alimentos.
	4	Pode ser usado para aquecermos os alimentos.
	5	Fritar, assar a comida, aquecer as pessoas em dias mais frios.
	6	Secar uma roupa, cozinhar.
	7	Pode ser usado para cozinhar ou para dilatar algum material.
Comentários	<p>- Através do sol. (Patrick)</p> <p>Muitas equipes, em suas respostas escritas, fizeram referência aos alimentos. Isso muito provavelmente se deu, por razão de terem conhecimento do título do trabalho. Não eram respostas previstas, mas foram mencionadas por cinco equipes. A referência ao calor relacionado exclusivamente a palavras do tipo “quente” ou “aquecer” foram dadas por três equipes. Isto denota que, conforme estimativa, há uma relação de calor apenas com materiais ou situações de elevada temperatura, ou seja, os estudantes não encaram o calor como um processo. Além disso nenhum deles estabeleceu qualquer relação com a energia.</p>	

d. Como a energia é fornecida ao nosso corpo?	Equipe	Respostas
	1	Através dos alimentos.
	2	Através do contato.
	3	Através dos alimentos.
	4	Através dos alimentos.
	5	Usando energia através do toque, um abraço, um casaco, um soco que você leva ou bate uma parte do corpo em algo e aquela região vai aquecer.
	6	Contato, exercícios físicos.
	7	Através do consumo de alimentos.
Comentários	<p>- Através dos alimentos. (Natália e Manu)</p> <p>De acordo com o que se pressupunha, quatro equipes mencionaram os alimentos como fonte de energia ao corpo. Outras duas fizeram referência ao contato com corpos (quentes provavelmente, mas não escreveram isso) e uma das equipes deu uma explicação não tão condizente com o contexto. Com base nisso pode-se perceber ser preciso um certo alinhamento de ideias dentro do cenário deste trabalho (não serão utilizadas outras fontes de energia além dos alimentos).</p>	

e. Como gerar calor?	Equipe	Respostas
	1	Pelo contato.
	2	Ligando a lareira.
	3	Através de fogueiras, vela, aquecedores elétricos.
	4	Através do toque.
	5	Contato.
	6	Alimentação.
	7	Através de um atrito entre as mãos.

	Comentários	<p>Esta pergunta provocou novo momento de silêncio. Acredita-se que não ficou bem clara. O aluno Vinicius esfregou uma mão na outra para mostrar que essa ação gerava calor e os outros arriscaram:</p> <p>Através da variedade de respostas observou-se que a pergunta realmente não foi bem entendida sendo as respostas divididas entre as expressões “contato”, “alimentação” e “fogueira” embora seja possível concluir que, como presumido, o termo calor é associado a corpos ou fenômenos de elevada temperatura, sendo preciso, ao longo do projeto, desvinculá-lo desta restrição.</p>
--	-------------	--

f. O que é temperatura?	Equipe	Respostas
	1	É uma medida.
	2	É aquilo que mede °c do ambiente.
	3	É o que pode ser medido em °c, °f ou K.
	4	É para medição de calor (agitação das moléculas).
	5	Uma medida para o calor e o frio.
	6	O que mede o calor.
	7	É unidade para se medir o calor.
	Comentários	<ul style="list-style-type: none"> - A temperatura é o que mede alguma coisa. (Bruno) - É o que mede o calor. (Patrick) <p>As equipes foram neste momento unânimes e fizeram uso de palavras com o sentido de “medida”, entretanto, nenhuma soube dizer qual o objeto desta medida. Duas mencionaram as unidades de medida e uma expressou-se da seguinte maneira: “é para medição de calor (agitação das moléculas)”. Esta é uma resposta intrigante pois que, apesar de não ser tão incoerente, mostra que o calor é tido como sinônimo de temperatura. Essas inconsistências já eram previstas e as respostas somente ratificam a necessidade de elucidação, que se dará ao longo da execução da SEI.</p>

g. Qual a diferença entre calor, temperatura e energia?	Equipe	Respostas
	1	O calor é um fenômeno, energia é a movimentação das moléculas e temperatura é uma medida.
	2	Calor é algo que aquece, temperatura é aquilo que se sente no ambiente e energia a forma de movimentação.
	3	Temperatura é uma forma de medir o calor. Energia se obtém através do calor. Calor é agitação das moléculas.
	4	O calor é transmissão de energia, energia é a movimentação das moléculas e a temperatura usamos para medir o calor.
	5	Calor aquece, temperatura mede o calor e a energia nos faz movimentar.
	6	Não sei.
	7	Calor é a transmissão de energia, energia é o que nosso corpo produz para se manter vivo, temperatura serve para medir o calor.

	Comentários	<p>- Temperatura a gente tem por causa do sol. Daí... calor (?) não sei. (Manu)</p> <p>As respostas aqui escritas são tão variadas que sequer é possível agrupá-las, porém, foi viável avaliar quais apresentavam interrelação entre os conceitos, que foi observada em três explicações. Isso corrobora, uma vez mais, o prognóstico e a importância de um trabalho cuidadoso no esclarecimento de cada um destes conceitos.</p>
--	-------------	---

h. Quais fenômenos o calor pode provocar	Equipe	Respostas
	1	Dilatação, febre, agitação das moléculas.
	2	Febre e dilatação.
	3	Erupções vulcânicas e chuva.
	4	Dilatação do corpo.
	5	Transformar a gema em sólido, o sólido em líquido e a dilatação dos objetos.
	6	Febre, dilatação, suor.
	7	A dilatação de um objeto.
	Comentários	<p>- Dilatação. (Vinicius)</p> <p>Em oposição ao esperado, todas as respostas fizeram referência a corpos inertes (apenas três ao corpo humano) e utilizaram palavras como “dilatação” mostrando que reconhecem a ação do calor também em materiais diferentes do corpo humano, apesar da palavra “febre” ter sido citada três vezes.</p>

APÊNDICE D – TRANSCRIÇÕES DOS PRINCIPAIS MOMENTOS DAS AULAS DA PARTE 1.

Diálogo 1

- Como o alimento pode gerar energia para nosso corpo? (Professora)
- Olha na embalagem! (Manu)
- Olhar o que? (Professora)
- A porção! (Natalia)
- O que é uma porção? (Professora)
- 30 gramas. (Natália)
- Isso não é “o que” e sim “quanto”? O que é uma “porção”? (Professora)
- É um número determinado. (Manu)
- É uma divisão. (Evelyn)
- É uma quantidade. (Thainara)

A aluna Natalia questionou a expressão “peso líquido” que foi respondida pelo aluno Bruno: “É quantos gramas tem!”

- E se comêssemos toda a embalagem, quanta energia seria gerada? (Professora)
- Multiplicando. (Natalia)
- Tem que pegar esse [a energia por porção] vezes esse [conteúdo total da embalagem]. (Alessandro)

Foi então solicitado que o aluno socializasse essa primeira hipótese para apreciação da turma, que se manifestou:

- Dá muito! Quantas bolachas vêm dentro do pacote? (Natalia)
- Não pode abrir o pacote. (Professora)

Foi preciso aguardar algum tempo, deixar que discutissem, alguns faziam cálculos aleatórios, analisavam o resultado e descobriam que era improvável. Até que finalmente:

- Eu acho que tem que fazer uma regra de três. Com massa, porção e valor energético. (Bruno)
- Neste momento, foi preciso intervir já que a estrutura estabelecida pelo aluno e proposta à turma tinha os valores da massa total e da porção invertidos.
- Então pessoal! Quanto é a energia de duas bolachas? [pausa] E do pacote inteiro? [pausa] A energia do pacote todo pode ser menor que de duas bolachas? (Professora)
 - Não! (todos)
 - Onde nós erramos? (Professora)
 - Então é o contrário! (Natalia)

Diálogo 2

Ao verificar que a turma estava executando um cálculo incorreto, não houve interrupção de imediato. Pediu-se que continuassem, solicitando inclusive para anotarem. Mas logo após foi preciso chamar a classe à reflexão sobre o erro.

Um dos possíveis erros apontados pelos alunos foi no que diz respeito às unidades de medida. Essa ideia foi retomada e nova questão foi lançada:

- É em Kcal ou KJ? (Natalia)
- Tanto faz. Qual o fator de conversão entre essas unidades? (Professora)

- É só dividir a energia em KJ pela energia em Kcal! (Manu)
- Mas onde estão essas informações? (Professora)
- No “valor energético”! (Manu)
- É o KJ dividido pelo Kcal? (Evelyn)
- É! (Manu)
- E quanto tem que dar? (Professora)
- 4! (todos)

Este fator de conversão é conhecido das aulas de Física e foi trazido pelos estudantes. Mesmo assim fizeram o cálculo para comprovação. Percebendo que esta operação era bem compreendida por todos, seguiu-se adiante.

Nova intervenção foi necessária visto que a turma não se mostrou motivada a seguir, acreditando que já haviam pesquisado o suficiente.

- Segundo a Tabela de Informação Nutricional, a ingestão de todo o conteúdo da embalagem, estaria acima, abaixo ou é igual a necessidade diária? (Professora)
- Quanto é a necessidade diária? (Evelyn)
- 2000! (Manu)
- E onde está isso? (Professora)
- Na embalagem (Manu)

Segundo Manu, seu cálculo (de energia total da embalagem) resultou em 852 Kcal, que estaria abaixo da necessidade diária. A conclusão é que uma única embalagem de bolachas não supre toda a energia gasta em um dia, porém houve controvérsias e a discussão seguiu:

- Na verdade depende das suas necessidades energéticas. (Alessandro)
- E como saber quanto? (Professora)
- Depende de cada um. (Natalia)

A partir deste momento surgiram várias possibilidades de como estabelecer este valor. O que tornou-se um elo para a aula posterior.

Diálogo 3

- Quanto mais calor mais agitação das moléculas. (Evelyn)
- Mas só calor? (Professora)
- Energia. (Natalia)
- Temperatura (Alessandro).
- E aquele medidor lá em cima? (Professora)
- É o termômetro. (todos)
- E o termômetro mede o que? (Professora)
- Temperatura! (todos)
- E a temperatura mede o que?
- A agitação das moléculas! (Evelyn)

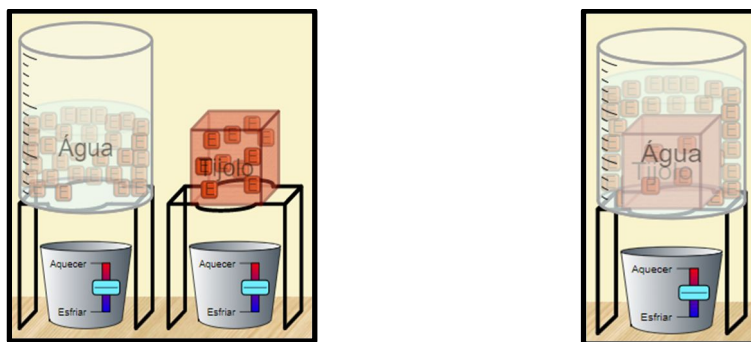
Diálogo 4

- O que deve acontecer? (Professora)
- A água vai esquentar, vai aumentar a temperatura... (Thainara)
- Vai evaporar. (Patrick)
- A menina vai se cansar. (Natalia)

- Ela vai perder energia e vai ter que se alimentar. (Evelyn)
- O que é energia? (Professora)
- Energia é o que possibilita às moléculas se movimentarem. (Natalia)

O tijolo foi aquecido e a água resfriada para adiante serem postos em contato (o tijolo dentro da tigela com água). A Figura 19 ilustra este procedimento:

Figura 19: Transferência de energia do tijolo aquecido para a água resfriada.



a) Água fria (poucos símbolos de energia) ao lado do tijolo quente (muito símbolos de energia).

b) Tijolo com menos símbolos de energia pois transferiu parte para a água.

Fonte: PHET (2020)

Diálogo 5

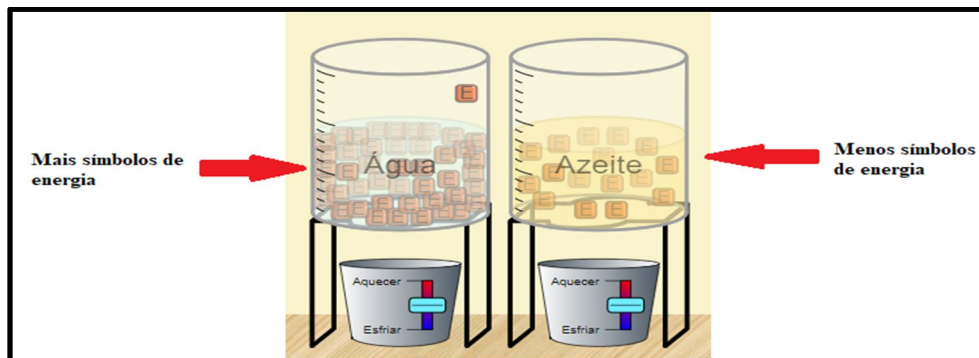
Na tela, a energia (o simulador traz a opção “Símbolos de Energia”) é vista deixando o tijolo e indo em direção à água. Neste momento a pergunta foi apresentada:

- O que aconteceu? (Professora)
- O calor que estava dentro dele [do tijolo] passou para a água. (Manu)
- Mas não foi calor. (Professora)
- Energia! (Natalia)
- Ou seja, calor é o processo de transferência da energia. (Professora)

Em seguida, para comparações, deve-se aquecer tijolo e água simultaneamente, mas o aluno que estava controlando o simulador optou por óleo. Essa escolha foi providencial dado que os vídeos da sequência abordavam justamente estas duas substâncias. Na ocasião da elaboração do PD, o *site* Phet colorado ainda trazia a versão antiga deste simulador. Tal versão não encontra-se mais disponível, de maneira que apenas sua atualização. Nesta nova simulação é possível sincronizar os aquecedores para gerarem energia para a água e óleo (por exemplo) ao mesmo tempo.

Sabe-se que a água, por apresentar calor específico mais alto, mostrou mais símbolos de energia que o óleo:

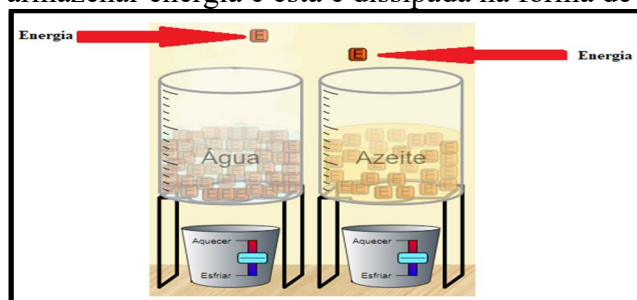
Figura 20: Quantidade de símbolos de energia mostrados pelo simulador: é diretamente proporcional ao calor específico do material.



Fonte: PHET (2020)

Além disso, outras importantes constatações foram feitas: nos primeiros instantes de aquecimento, a energia vai sendo acumulada em ambas as substâncias, após este tempo, com aquecimento contínuo, a energia passa a ser perdida na forma de vapor.

Figura 21: Comparativo entre água e óleo: com aquecimento contínuo, o material não pode mais armazenar energia e esta é dissipada na forma de vapor.



- Baseando-se nesta animação, quem consegue dizer o que é calor específico? (Professora)
- É a quantidade de energia que cada um deles consegue absorver. (Vinicius)
- Muito bom Vinicius! Vamos só formalizar: É a quantidade de energia que cada corpo consegue armazenar. (Professora) E com base nisso, quem tem maior calor específico?
- A água! (Vinicius)
- A água tem menor! (Natália)
- Vinicius? (Professora)
- A água! [com convicção] (Vinicius)
- A água tem maior calor específico porque ela consegue armazenar mais energia! (Evelyn)
- Mas por que na aula a professora falou o calor específico da água era 1? (Natália)
- Porque este é um dos valores mais altos. (Professora)
- Mas a água não esquentava mais rápido que o azeite? (Manu)
- Não! O azeite esquentava mais rápido! (Alessandro)

Diálogo 6

- Todo mundo lembra quanto é o número de mol? (Professora)
- É 22,4 L. (Bruno)
- Nas CNTPs. (Professora)
- Seis vezes dez na vinte e três. (Daiane)

- ...átomos ou moléculas. (Professora)
- E tem que olhar na tabela periódica. (Evelyn, se referindo a massa molar)
- E a entalpia? (Professora)

Diálogo 7

Cálculo do PASSO 1 (Anexo A) Os alunos compartilharam seus resultados:

- 2500 Kcal. (Alessandro)
- 1325 Kcal. (Jade)
- O meu deu muito alto!! 9000 Kcal? (Evelyn)
- 1400 Kcal. (Vic)
- 3592 Kcal. (Vinicius)
- 1497 Kcal. (Evelyn)

Os cálculos continuaram para o PASSO 2. Surgiram algumas dúvidas sobre o tipo de atividade (sedentário, levemente ativo, etc.). Os valores finais de alguns alunos foram:

- 2288 Kcal. (Jade)
- 2017 Kcal. (Alisson)
- 2058 Kcal. (Natalia)

Diálogo 8

- Então como descobrir a quantidade de energia gerada pelos alimentos? (Professora)
- Tem que tacar fogo nele [no alimento]! (Vinicius)
- Como assim?? (Professora)
- Colocar um termômetro. (Patrick)
- Mas não podemos colocar um termômetro direto no fogo. (Professora)
- Com água! (Vários alunos ao mesmo tempo)
- A gente podia pegar a água e daí colocar o termômetro dentro. No caso a gente mede a temperatura inicial da água e depois a gente mede a temperatura que vai ficar porque quando a gente queimar vai aquecer a água. (Evelyn)
- Então quais são as informações que eu preciso? (Professora)
- Temperatura inicial da água. (Patrick)
- Depois a final. (Natalia)
- A quantidade de água. (Daiane)
- Diminuir a temperatura final pela inicial. (Patrick)
- O que mais? A quantidade de bolacha certo? (Professora)
- Tem que cronometrar? (Patrick)
- Não. (Professora) E a bolacha desaparece totalmente? E a parte que não queimar?
- Então eu vou pesar e depois descontar? (Jade)
- Exatamente. (Professora)
- E pesar o potinho? (Manu, se referindo ao recipiente em que seria colocada a água)
- Também. (Professora)

Diálogo 9

Os valores mostrados a seguir provém da equipe da Jade e Alessandro que está agora trabalhando com Vic e Duda (pois estas não obtiveram êxito no experimento) e preenchem a primeira linha da Figura 17:

$$T_i = \underline{25^\circ \text{C}} \quad T_f = \underline{70^\circ \text{C}}$$

- Mas quanto foi a variação de temperatura? (Professora)
- Professora, a variação é delta T? (Patrick)
- É a final menos a inicial. (Vinicius)
- E a massa de água? (Professora)
- Massa de água? (Jade)
- Professora, o que é a massa de água? (Manu)
- Quanto vocês pegaram de água? (Professora)
- 50 mL. (Jade)
- Massa não é em gramas? (Natalia)
- É! Mas a água pesa um. Cada um mL é um grama. (Manu)

$$\begin{array}{l} T_i = \underline{25^\circ \text{C}} \quad T_f = \underline{70^\circ \text{C}} \\ \Delta T = \underline{45^\circ \text{C}} \quad m_{\text{água}} = \underline{50 \text{ g}} \end{array}$$

- E a massa do alimento? (Natalia)

Nesse momento descobriu-se que a equipe do Vinicius não pesou a massa final de alimento que não queimou. Este grupo foi orientado a continuar a investigação normalmente. Outra equipe (Patrick) encontrou um valor de massa final maior que o inicial. Estes foram instruídos a ficar apenas com a massa inicial.

- É o 13. (Manu)
- 13 é o que? (Professora)
- 16 menos 3 [massa inicial menos massa final]. (Manu)

$$\begin{array}{l} T_i = \underline{25^\circ \text{C}} \quad T_f = \underline{70^\circ \text{C}} \\ \Delta T = \underline{45^\circ \text{C}} \quad m_{\text{água}} = \underline{50 \text{ g}} \\ m_{\text{alimento}} = \underline{\frac{28,9-7,4}{= 21,5 \text{ g}}} \quad m_{\text{porção}} = \underline{30 \text{ g}} \end{array}$$

- E a massa do recipiente? (Professora)
- Novo embarço ocorreu, já que mesmo sabendo que a massa do “potinho” era importante, conforme discutido na aula anterior, apenas um grupo lembrou-se de pesá-lo. As equipes que esqueceram esta informação tiveram de resgatar seus recipientes e pesá-los.

$$\begin{array}{l} T_i = \underline{25^\circ \text{C}} \quad T_f = \underline{70^\circ \text{C}} \\ \Delta T = \underline{45^\circ \text{C}} \quad m_{\text{água}} = \underline{50 \text{ g}} \\ m_{\text{alimento}} = \underline{\frac{28,9-7,4}{= 21,5 \text{ g}}} \quad m_{\text{porção}} = \underline{30 \text{ g}} \\ m_{\text{vidro}} = \underline{47,8 \text{ g}} \end{array}$$

A equipe inicialmente formada por Jade e Alessandro não dispunha de recipiente de alumínio, conforme sugerido, sendo assim, este material foi substituído por bequer de vidro acompanhado de tela de amianto para o aquecimento.

- E agora? Como calcular o calor? (Professora)

- Aquela fórmula. (Jade)

- Qual fórmula? (Professora)

Esta etapa final novamente exigiu maior participação da docente, muitos já se mostravam um pouco cansados haja vista que o projeto foi aplicado em uma única tarde e, mesmo com a pausa do lanche, já seguia a quinta aula (décima contando aquelas do período regular).

- É a fórmula do calor sensível: $Q = mc\Delta T$ (Professora) E o que mais que está faltando?

- O calor específico da água. (Natalia)

- É um. (Manu)

- Um o que? (Natália)

- Caloria por grama vezes graus Celsius. (Professora)

- E a energia da porção? É em “quilocal”? (Jade)

- É. (Professora)

$$\begin{array}{rcl}
 T_i = & 25^\circ \text{ C} & T_f = 70^\circ \text{ C} \\
 \Delta T = & 45^\circ \text{ C} & m_{\text{água}} = 50 \text{ g} \\
 m_{\text{alimento}} & \frac{28,9 - 7,4}{=} & m_{\text{porção}} = 30 \text{ g} \\
 & = 21,5 \text{ g} & \\
 m_{\text{vidro}} = & 47,8 \text{ g} & \text{energia}_{\text{porção}} = 139 \text{ Kcal} \\
 c_{\text{água}} = & 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{ C} &
 \end{array}$$

Assim obteve-se para a água o valor aproximado de 2250 cal.

- Que mais que precisa calcular? (Natalia)

- O calor absorvido pelo vidro. (Professora)

- Natália qual é calor específico do vidro? (Jade)

- 0,16 [através de pesquisa na rede]. (Natalia)

$$\begin{array}{rcl}
 T_i = & 25^\circ \text{ C} & T_f = 70^\circ \text{ C} \\
 \Delta T = & 45^\circ \text{ C} & m_{\text{água}} = 50 \text{ g} \\
 m_{\text{alimento}} & \frac{28,9 - 7,4}{=} & m_{\text{porção}} = 30 \text{ g} \\
 & = 21,5 \text{ g} & \\
 m_{\text{vidro}} = & 47,8 \text{ g} & \text{energia}_{\text{porção}} = 139 \text{ Kcal} \\
 c_{\text{água}} = & 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{ C} & c_{\text{vidro}} = 0,16 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{ C}
 \end{array}$$

- É a mesma fórmula né? (Jade)

- É! (Natália)

- Vai dar tudo igual!? (Jade)

- Não porque a massa da água era 80 e do béquer era 47. E o calor específico era um. (Manu)

E assim chegou-se a 344,16 cal absorvidas pelo aquecimento do vidro, desconsiderando as perdas e o que foi absorvido pelo amianto.

- E agora? (Natalia)

- O calor total. É... ? (Evelyn)

- É a soma dos dois. (Jade)

E obteve-se 2594,16 calorias geradas pelas 21,5 gramas de bolacha. Agora, novo empurrão da professora para fechar a atividade:

- Como comparar com a embalagem? [silêncio] Fazemos uma regra de três. (Professora)
- Não entendi nada. (Natalia) Tem que transformar?
- Sim! (Professora)
- Como é que eu faço? (Natalia)
- Dividindo por mil. (Manu)
- Contrário. (Professora)
- Multiplicando. (Todos)

APÊNDICE E – TRANSCRIÇÕES DOS PRINCIPAIS MOMENTOS DAS AULAS DA PARTE 2.

Diálogo 1

- O que é autonomia para o carro? (Professora)

- Combustível. (Patrick)

- É a carga suficiente para viajar uma certa quilometragem. (Alessandro)

A partir da leitura na íntegra do texto o desafio foi então exposto:

- A Toyota fabricou um carro movido a hidrogênio. Como seria esse carro? (Professora)[silêncio]

Sem esperar muito seguiu-se:

- O hidrogênio... é o que? (Professora)

- Um gás. (Evelyn)

- Combustível. (Natalia)

Reformulando a pergunta desafio:

- Mas como é que a gente consegue fazer um carro andar com hidrogênio? (Professora)

- Queimando. (Manu)

Novos questionamentos (que não faziam parte do questionário inicial) foram levantados:

- O carro a hidrogênio tem mais ou menos autonomia que os outros? (Professora)

- Acho que é mais porque chegou a 500 km. (Manu)

- Já ouviram falar em combustível limpo? (Professora)

- Não. (Vários alunos)

- Já. (Alessandro)

- O hidrogênio é considerado um combustível “limpo”. Por que? (Professora)

- Não prejudica o ambiente. (Evelyn)

- Porque o hidrogênio é natural. (Alessandro)

- Polui menos. (Natalia)

A partir deste colóquio inicial o desafio foi proposto e a discussão começou:

- Por que o hidrogênio dá mais autonomia? Por que ele é considerado um combustível limpo?

Qual a vantagem de um carro a hidrogênio em relação a outro movido a álcool, gasolina ou um carro elétrico? (Professora)

Alguns já arriscaram:

- O hidrogênio é renovável. (Manu)

- E a autonomia? (Professora)

- A autonomia: você tem um carro. Você foi lá na *Fiat* comprou um *Pálio*, ele faz dezoito quilômetros com um litro. Se você colocar um litro, a autonomia desse um litro é só dezoito quilômetros. (Alessandro)

- E será que o hidrogênio, na hora de queimar, já que vocês falaram que ele vai queimar, gera mais energia do que a gasolina? ou menos? (Professora)

- Mais, porque ele é um gás e a gasolina é líquida. (Alessandro)

- Menos, porque ele é limpo. (Patrick)

- Huum, se ele é limpo ele gera menos energia? (Professora)

- Eu acho que gera mais porque a gasolina é misturada com mais coisas. (Manu)

Diálogo 2

- Por que vocês acham que este é o estado sólido? (Professora)
- As moléculas estão juntinhas. (Manu)
- Porque as moléculas estão assim [fez um movimento com a mão reta mostrando o formato plano] e se fosse gás estaria assim [outro movimento elevando a mão para cima]. (Natalia)
- Se tivesse espalhado seria gasoso. (Jade)
- Continua achando que é um gás Patrick? (Professora)

Agora a equipe parece estar em dúvida e o aluno Bruno foi incumbido de esclarecer. Assim este utilizou o botão <Aquecer>, a temperatura começou a aumentar, e conseqüentemente, a substância foi se transformando em líquido e depois em gás.

- Se aquele [sólido] era gás, o que é este [apontando para o simulador]? (Professora)
- Agora é [gasoso]. (Jade)

Com risos a turma começou a discutir sobre as diferentes características observadas nestas duas fases.

- Mas e as diferenças? Quais são as características dos sólidos? (Professora)
- Moléculas mais juntinhas. (Manu)
- Só a união entre as moléculas? (Professora)
- E quanto mais juntas as moléculas se movimentam menos. (Alessandro)
- Mas tem mais uma coisa que a gente não falou... (Professora)
- Volume. (Evelyn)
- E qual é diferença? (Professora)
- É que o gás está no recipiente inteiro e no sólido ele [o material] só estava em uma região e o líquido só estava embaixo. (Manu)

Estas respostas foram formalizadas e aperfeiçoadas pela professora. Seguiu-se então para as relações de proporcionalidade existentes entre as variáveis de estado. Para tanto, Bruno deu a oportunidade à colega Thainara e um novo simulador foi aberto: Propriedades dos Gases (Phet Colorado).

Com este recurso é possível fixar uma das variáveis de estado do gás e observar o comportamento das outras duas. Assim, a aluna bombeou gás para dentro do recipiente e escolheu como primeiro parâmetro constante o volume. O volume não muda.

- Então nós vamos estudar a relação entre quem? (Professora)
- Pressão e temperatura. (Todos)
- E como elas se relacionam? (Professora)
- Maior temperatura, maior pressão. (Uma equipe falou e as outras concordaram)

O simulador foi usado e a afirmação foi corroborada.

- É tipo na panela de pressão? (Natalia)
- É igual o desodorante. (Evelyn)
- Exatamente! Agora vamos botar outro parâmetro constante. Escolha um Thainara. (Professora)

A opção foi pela temperatura.

- Agora a temperatura vai ser sempre a mesma e queremos saber como é que a pressão e o volume estão relacionados. (Professora)

- Eu acho que quanto mais pressão menos volume (Equipe da Natalia)

Todos concordaram, exceto:

- Eu acho que não. Porque quanto mais pressão maior o volume... não menor...não maior. (?)

(Manu)

- Thainara responda para a Manu, por favor. (Professora, se referindo ao simulador)

- Com o bonequinho [do simulador]. (Evelyn)

- E o que ela tem de fazer? Puxar ou empurrar? [o bonequinho] (Professora)

- Puxar para direita. Daí vai diminuir o volume. (Evelyn)

- E se vocês estiverem certos, o que vai acontecer com a pressão? (Professora)

- Vai aumentar. (Evelyn)

Concluída e formalizada esta relação, seguiu-se adiante.

- Falta uma variável que a gente tem que fixar. (Professora)

- A pressão. (Jade)

- É que quanto mais aumenta um, mais o outro aumenta também. (Natalia)

Houve divergências, mas o simulador finalmente confirmou a resposta.

Diálogo 3

- Fizemos hidrogênio, queimamos, sobrou alguma coisa? (Professora)

- Eu acho que sim, mas a gente não viu. (Natalia)

Então o procedimento foi recapitulado:

- Tínhamos hidrogênio, acendemos um fósforo e ele reagiu. Com quem? (Professora)

- Com oxigênio. (Evelyn)

- E se o hidrogênio reagiu com o oxigênio, o que se formou? (Professora)

- Água! H₂O! (Natalia)

- Então por que que o hidrogênio é um combustível limpo? (Professora)

- Porque ele vira água. (Natalia)

- E a água não polui a atmosfera. (Manu)

- E as duas propriedades muito importantes do hidrogênio? (Professora)

- Leve. (Evelyn)

- Muito leve. Antigamente era usado para levantar dirigíveis. Vocês sabem o que é um dirigível?

(Professora)

Esse momento foi muito interessante pois os alunos que conheciam tentaram explicar para os outros, porém, estes não conseguiam entender. Foi quando Patrick acessou a rede em seu telefone e mostrou uma figura esclarecedora. Durante esses poucos minutos não ocorreu nenhuma intervenção do professor e todos compreenderam o papel do hidrogênio neste veículo.

Um texto que resume a história dos dirigíveis foi lido e logo após voltou-se ao debate.

- E por que ele [o hidrogênio] é melhor que a gasolina? (Professora)

- Porque ele gera mais energia em relação à gasolina. (Alessandro)

- E como funciona um carro a hidrogênio? (Professora)

- Com a queima de hidrogênio. (Alessandro)

- De um cilindro de gás. (Manu)

APÊNDICE F – RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE GASES (PARTE 2).

1. O que é um gás?	Equipe	Respostas
	1	Não entendi.
	2	Não sei.
	3	É um vapor
	4	É um tipo de classificação de elemento da tabela periódica.
	5	Tudo aquilo que vai para atmosfera. Três formas básicas: líquido, gasoso e sólido.
	6	Uma das transformações básicas: gás, líquido e sólido. Tudo aquilo que vai para atmosfera.
Comentários	As respostas a esta primeira questão se mostraram contrárias ao esperado, ou seja, apesar de ser um conteúdo abordado, ainda que de forma sutil, nas Séries Iniciais e de forma mais detalhada nos Anos Finais do Ensino Fundamental, os estudantes não conseguiram definir claramente o que seria um gás ou uma substância gasosa. As respostas compõem um leque de expressões tornando inviável seu agrupamento. Além disso, a linguagem científica torna-se um obstáculo, pois ao tentar usar palavras mais elaboradas acabaram por cair em erros como, por exemplo, utilizar “transformação” como sinônimo de estado físico. Esta lacuna conceitual expõe a necessidade de maior atenção na abordagem deste conteúdo durante a sequência.	

2. Cite exemplos de gases que	Equipe	Respostas
	1	Hidrogênio, oxigênio, carbono, nitrogênio, butano.
	2	Hélio e hidrogênio.
	3	Oxigênio, GNV, hidrogênio e hélio.
	4	Carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio.
	5	Hidrogênio, oxigênio, hélio, GNV.
	6	Hidrogênio, metano, carbono, nitrogênio e oxigênio.
Comentário	Dentre todas as sete respostas, não houve nenhuma errada. Os estudantes reconhecem uma substância gasosa através de suas propriedades, mas não conseguem estabelecer uma definição para gás. Isso confirma a inferência que as respostas anteriores proporcionaram, isto é, há um conceito mal construído e que deve ser sanado durante a aplicação da SEI.	

3. Como a temperatura	Equipe	Respostas
	1	Quanto menor a temperatura o gás vira líquido.
	2	Com aumento de temperatura pode haver explosão.
	3	Quanto mais quente ele vai ter uma explosão pois mais agitadas estão as moléculas.
	4	Pois no exemplo do nitrogênio, se a temperatura está muito baixa, este gás fica líquido. O hidrogênio com a temperatura elevada queima e gera energia.
	5	Com maior temperatura, maior agitação das moléculas.
6	Temperatura baixa as moléculas são mais calmas, com a temperatura mais alta as moléculas ficam mais ativas.	

	Comentários	Conforme previsto, os alunos demonstraram que conhecem o conceito de temperatura haja vista que três das sete equipes o mencionaram em suas respostas. Por outro lado, quatro delas não fizeram alusão alguma a agitação das moléculas do gás ou as variáveis de estado, ainda que suas respostas não tenham sido de todo erradas como, por exemplo, a relação entre a temperatura e o ponto de ebulição ou a possibilidade de uma explosão (que ocorreria em um nível de agitação máxima). Isto demonstra que a maioria não é capaz ainda de extrapolar o conceito de temperatura para o estado gasoso, ou seja, não reconhecem o gás como um corpo no qual podem ser aplicados os mesmos conceitos abordados na primeira parte do PD.
--	-------------	---

4. Como a pressão, o volume e a temperatura se	Equipe	Respostas
	1	Quanto maior a temperatura, mais o gás se expande; os três estão relacionados com a temperatura.
	2	Não sei.
	3	A temperatura: quanto mais quente há mais chance de ter gás; o volume: quanto mais volume há mais gás; a pressão: quanto maior, mais o gás está comprimido.
	4	Dependendo da pressão influencia a temperatura porque são equivalentes, e a temperatura no estado que o elemento se encontra.
	5	O volume do gás varia com o tipo de gás.
	6	O volume do gás varia com o tipo de gás.
	Comentários	Das sete respostas dadas a este questionamento apenas uma delas estabelece relação, propriamente dita, entre as variáveis. Novamente a linguagem é um empecilho, sendo necessária a intervenção do professor para esclarecer o sentido da pergunta, isto é, indicar que as expressões “inversamente proporcional” e “diretamente proporcional” deveriam ser usadas nas respostas, assim como o seu significado. Porém, mesmo com as devidas explicações, nenhuma das equipes utilizou tais expressões, preferindo os termos “quanto maior” e “quanto menor”.

5. O hidrogênio apresenta algum risco enquanto combustível?	Equipe	Respostas
	1	Sim, com a queima dele.
	2	Não apresenta risco.
	3	Sim.
	4	Sim, pois é um gás inflamável.
	5	Não pois ele é limpo.
	6	Não porque ele é um gás limpo.
	Comentários	Dentre as sete respostas dadas, apenas duas reconhecem o perigo da inflamabilidade do gás hidrogênio. Apesar disso, ressalta-se que a pergunta é bastante relativa. Em geral, os combustíveis apresentam perigo somente em caso de acidentes nos quais ficam expostos, entretanto, nenhuma resposta fez menção a isso.

6. Por que	Equipe	Respostas
	1	Pois não possui nenhuma mistura.
	2	Porque ele não polui o meio ambiente.
	3	Porque ele é um gás natural renovável.

	4	Pois é natural e usado puro.
	5	Pois não tem outras substâncias.
	6	Porque ele não possui outras substâncias.
	Comentários	<p>Quatro das sete respostas explicam que o hidrogênio é limpo pois não apresenta mistura com outras substâncias. O que também é relativo, pois além da poluição causada pela geração de gás carbônico devido a queima do próprio combustível orgânico, existem também compostos a base de enxofre que, embora não tenham a função de fornecer energia, são agravantes da poluição do ar.</p> <p>De qualquer maneira, nota-se que é preciso explorar com mais atenção a expressão “combustível limpo” no momento adequado da aplicação da SEI.</p>

7. Quais outros combustíveis você	Equipe	Respostas
	1	Gasolina, diesel, GNV, carvão.
	2	Diesel e óleo.
	3	Gasolina, etanol, diesel, GNV, querosene.
	4	GNV, gasolina e diesel.
	5	Gasolina e álcool.
	6	Etanol, gasolina, GNV, querosene, diesel.
Comentários	Novamente, todas as sete respostas estavam corretas e mostraram como os estudantes têm facilidade em reconhecer as diversas substâncias utilizadas como combustível.	

8. Explique por que um automóvel movido a gás hidrogênio apresenta	Equipe	Respostas
	1	Pois o hidrogênio é um combustível limpo.
	2	Pois por ele ser um gás limpo percorre mais quilômetros.
	3	Não sei.
	4	Porque sua queima gera mais energia que outros combustíveis.
	5	Porque ele é limpo e não prejudica o carro.
	6	Vai mais longe que um carro a gasolina usando uma média de gás igual a gasolina.
Comentários	Três das sete respostas relacionaram autonomia do hidrogênio com a expressão “combustível limpo”, demonstrando que acreditam ser essa a razão da maior autonomia.	

APÊNDICE G – PRODUTO DIDÁTICO



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};

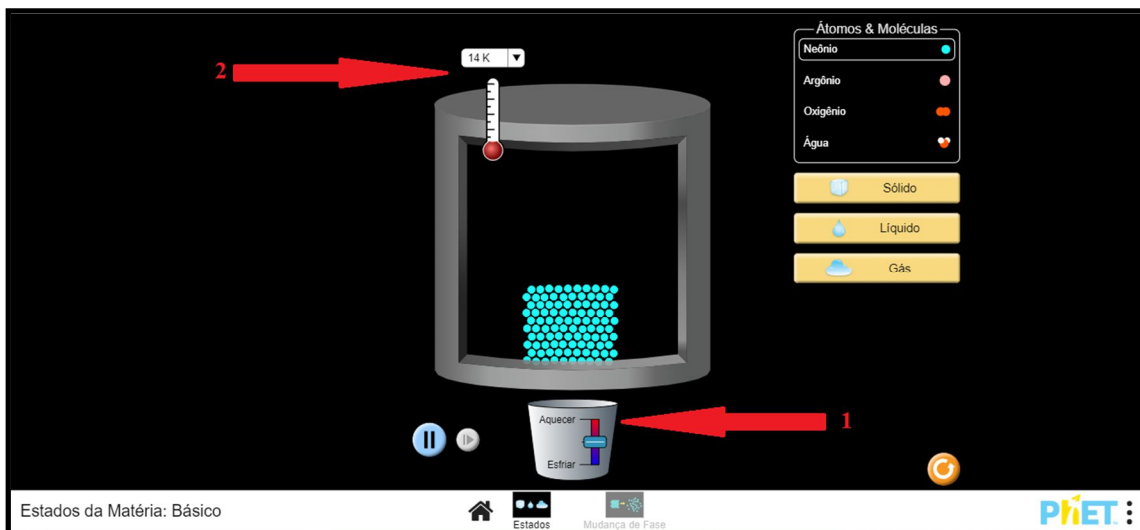


Figura 04: Simulador de Estados Físicos no início da simulação com destaque do termômetro e da fonte de energia.

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

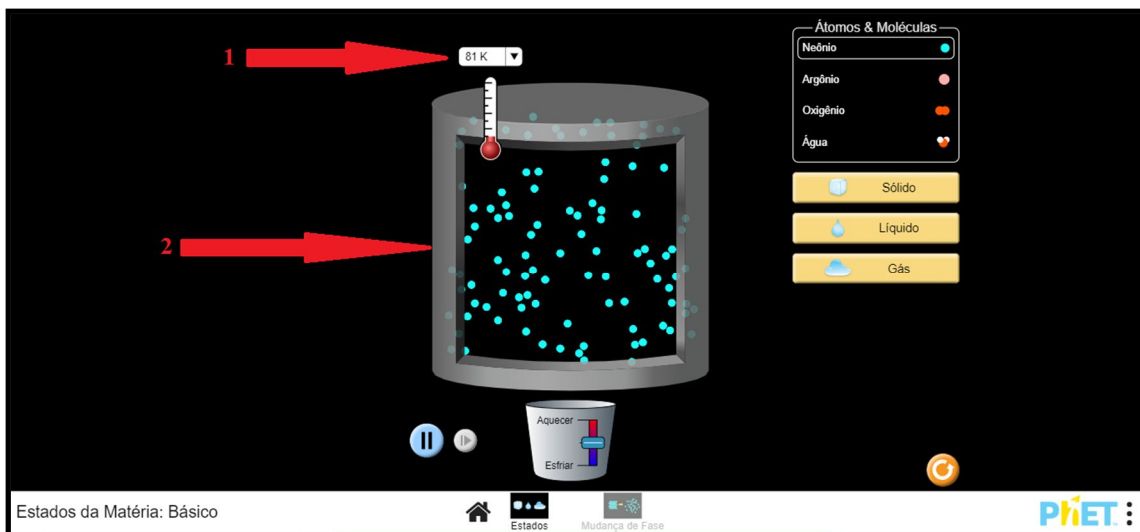


Figura 05: Simulador de Estados Físicos após aquecimento: os átomos encontram-se mais agitados.

- ★ **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.

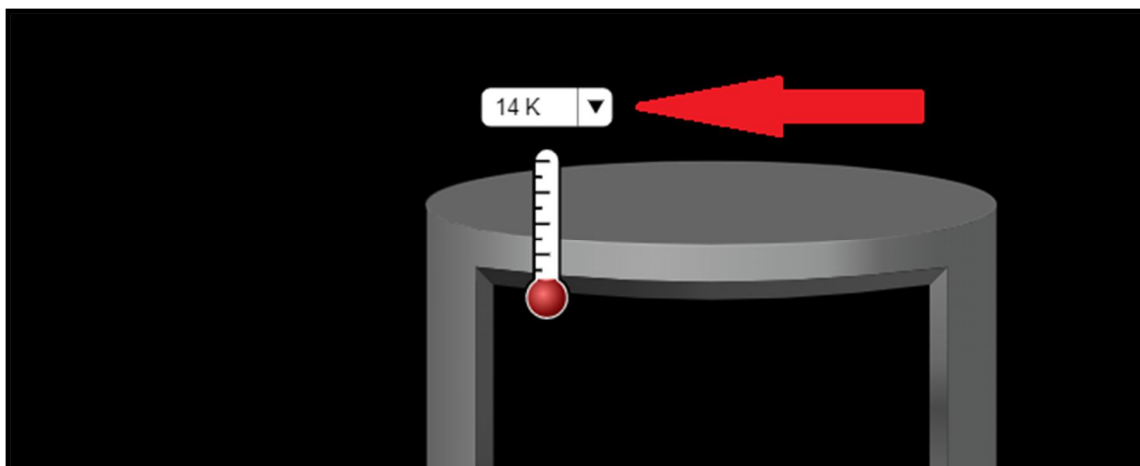


Figura 06: Simulador de Estados Físicos com destaque para a forma de como alterar a unidade de medida de temperatura.

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}.

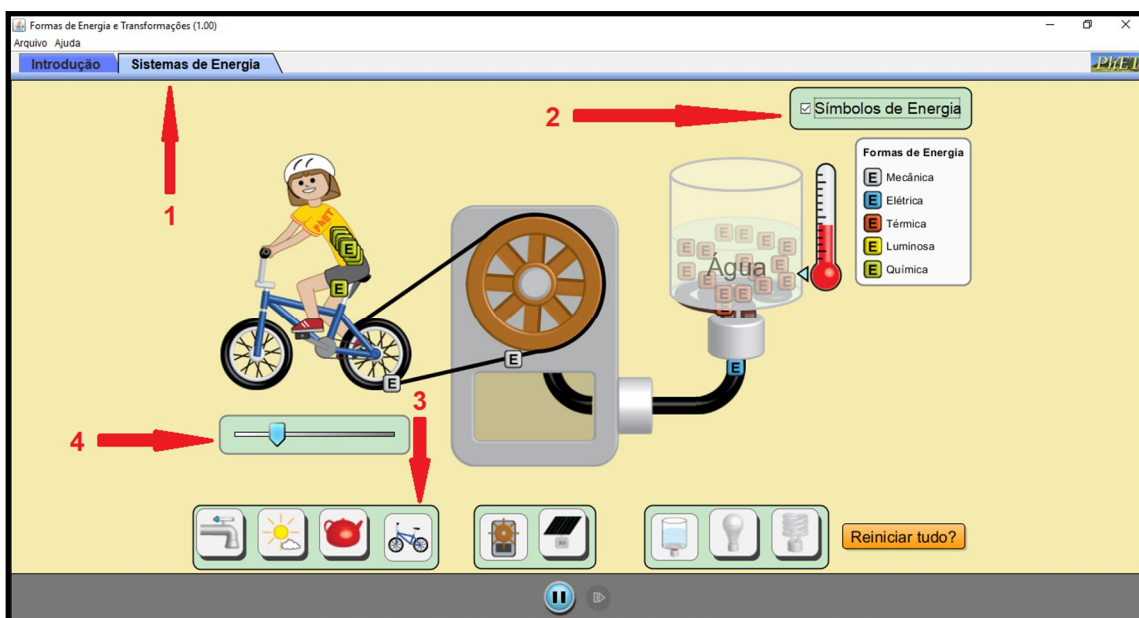


Figura 07: Utilizando o Simulador Formas de Energia com destaque para as etapas do procedimento.

- ★ 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:

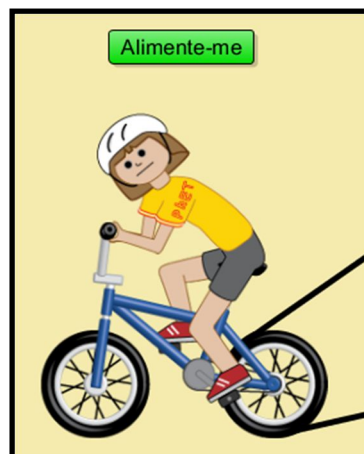


Figura 08: Imagem da menina do Simulador pedindo mais energia após certo tempo pedaland.

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:

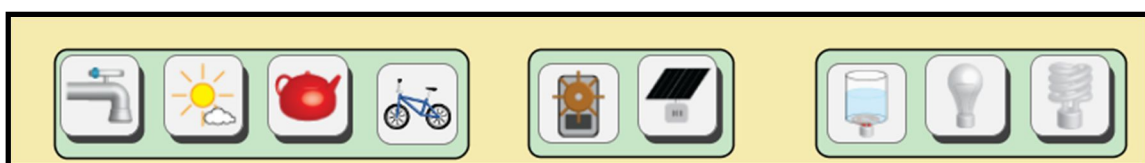


Figura 09: Possíveis variações de conjuntos de entrada, conversor e saída de energia.

- ★ 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 ENERGÉTICAS ** 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:

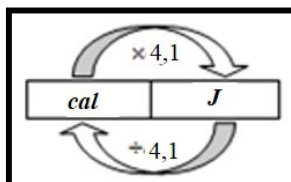


Figura 11: Conversão das duas principais unidades de medida de energia. (Autoria própria).

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}.

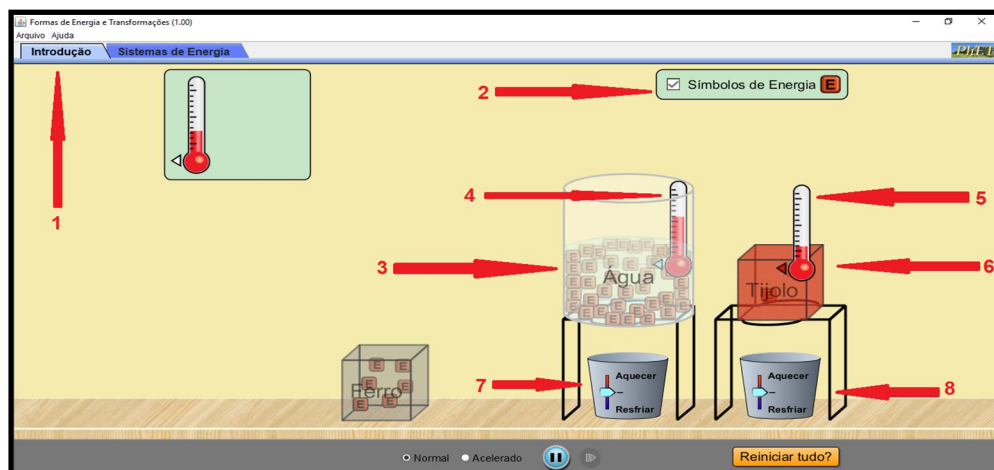


Figura 12: Simulador Formas de Energia com destaque dos procedimentos.

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.

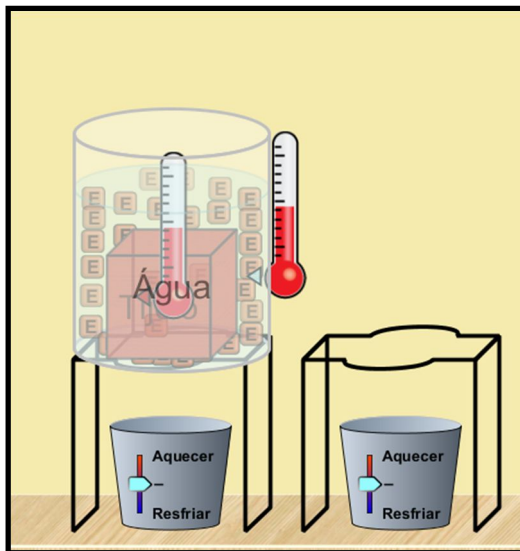


Figura 13: Tijolo inserido na água no Simulador Formas de Energia.

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 $cal/g \cdot ^\circ C$.

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);

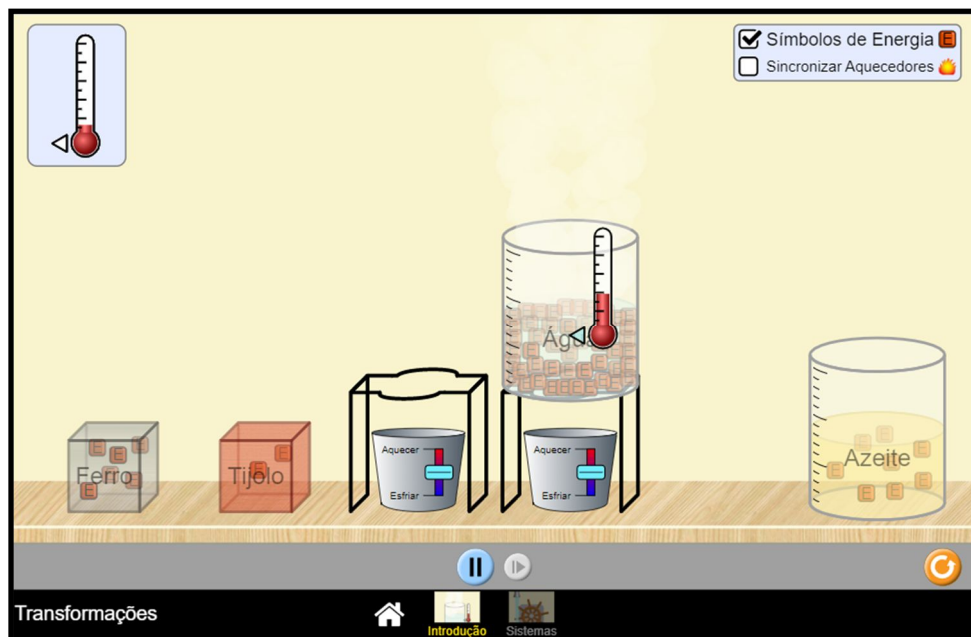


Figura 14: Observando o efeito do calor na água: com aquecimento adquire muitos “símbolos de energia”.

- 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}.



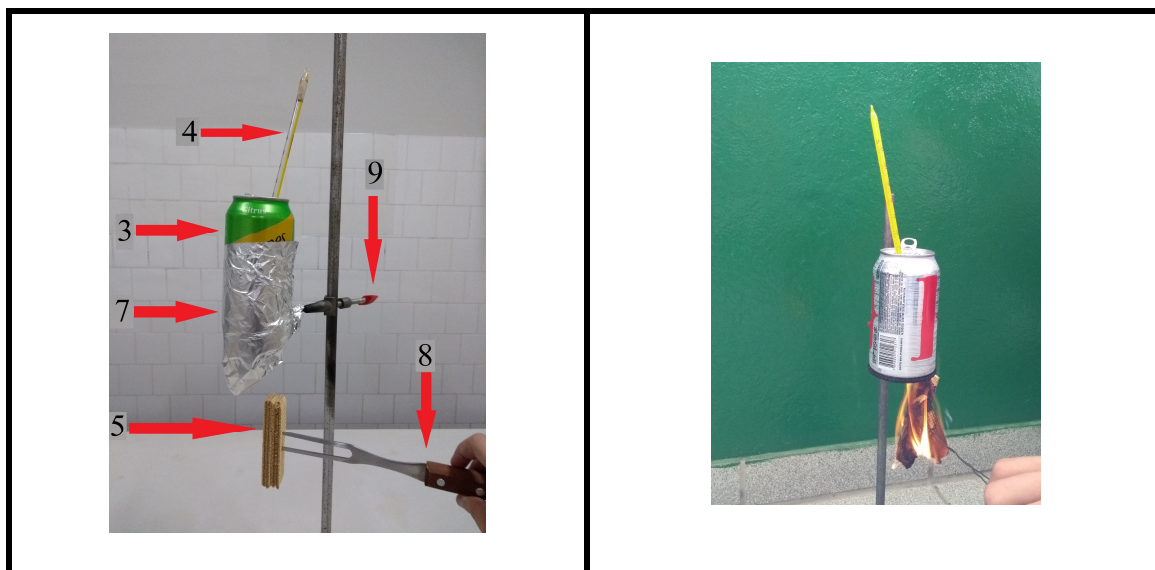
Figura 16: Lista de materiais para a atividade prática.

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 .

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.

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

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

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

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

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

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.

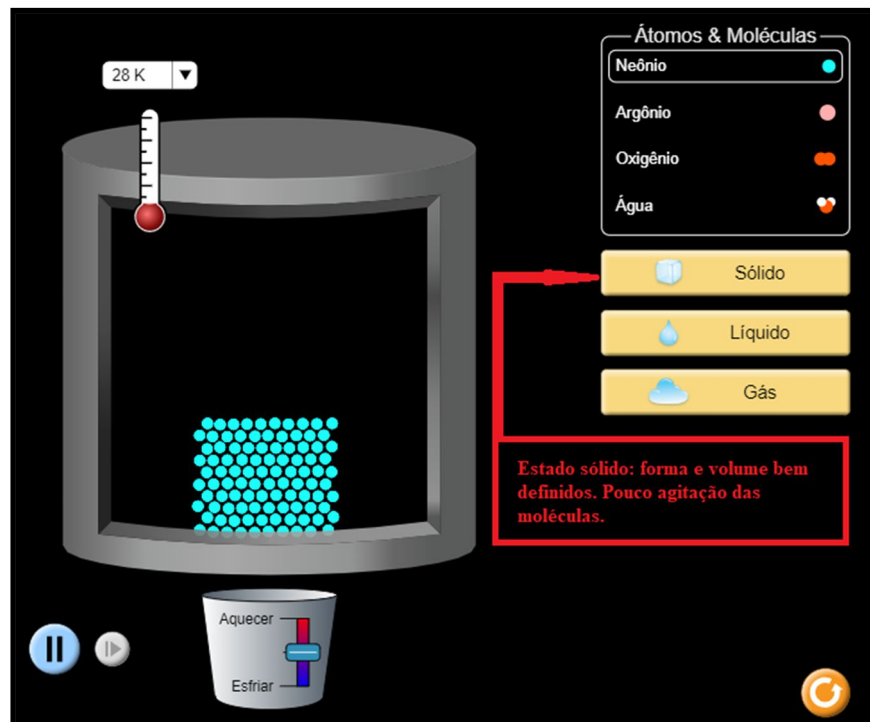
Sólido

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

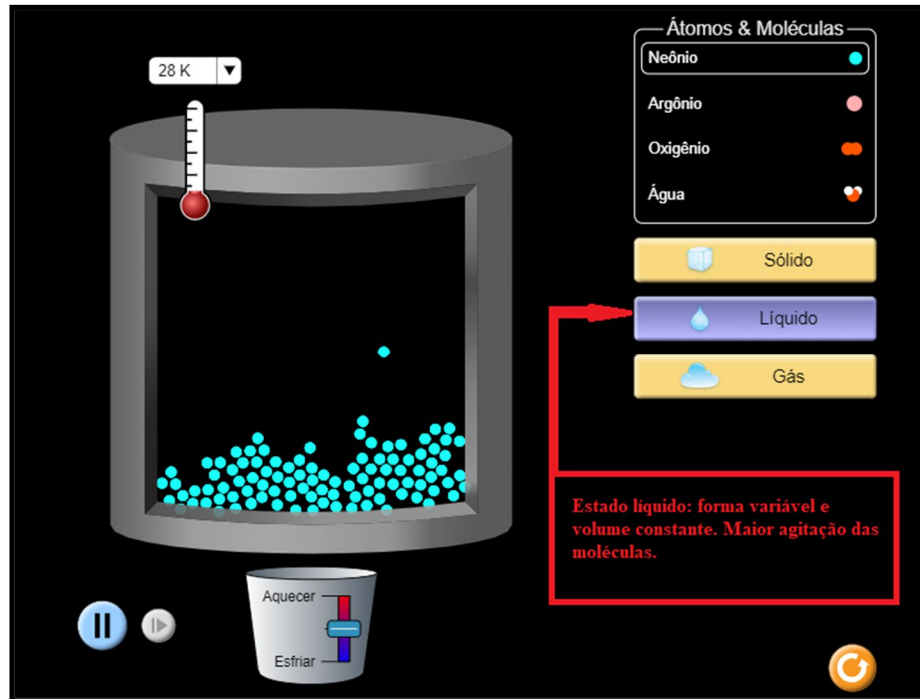


Figura 19: Características do estado líquido vistas no Simulador de Estados da Matéria.

- ★ 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

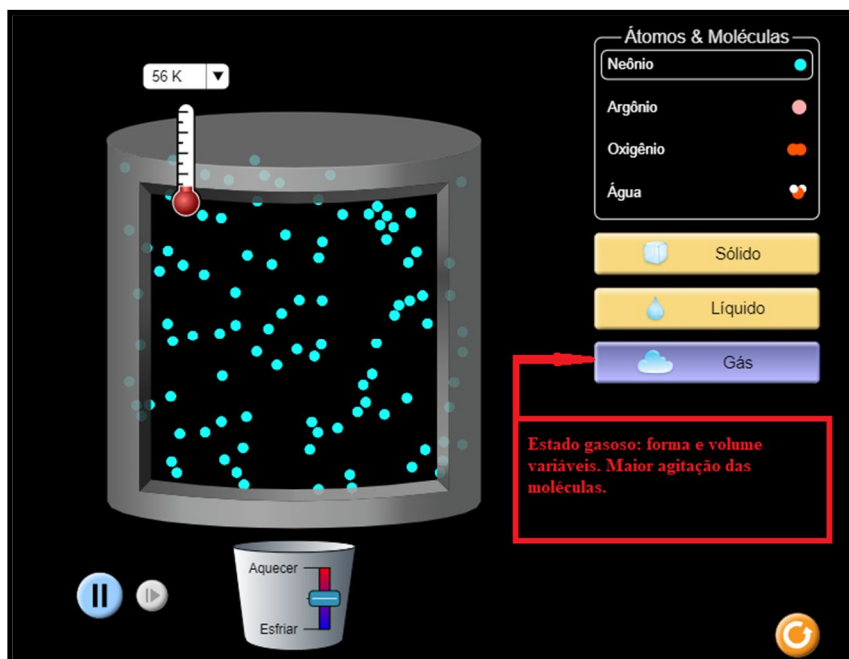


Figura 20: Características do estado gasoso vistas no Simulador de Estados da Matéria.

- ★ **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 inda 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:

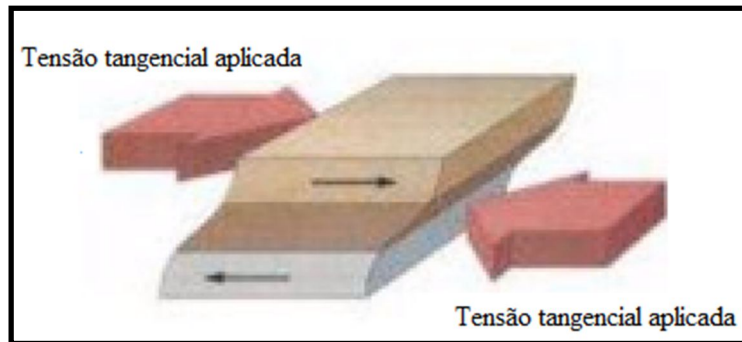


Figura 21: Material sólido reagindo a tensões tangenciais (MANGUEIRA - adaptada).

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:

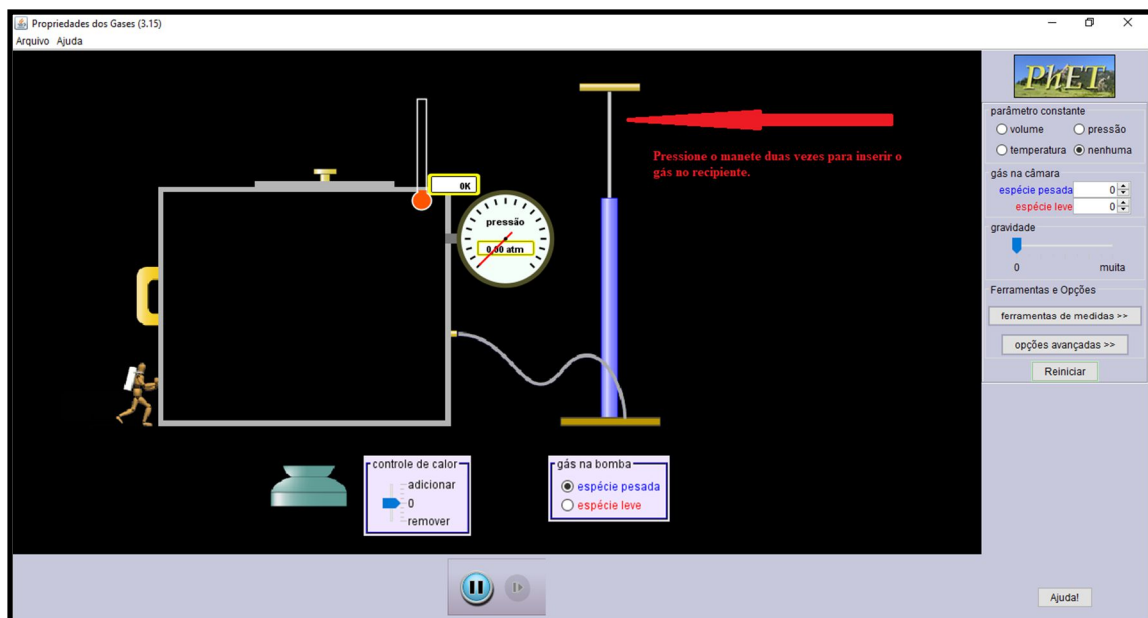


Figura 22: Inserindo gás no recipiente no Simulador Propriedades dos Gases.

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}.

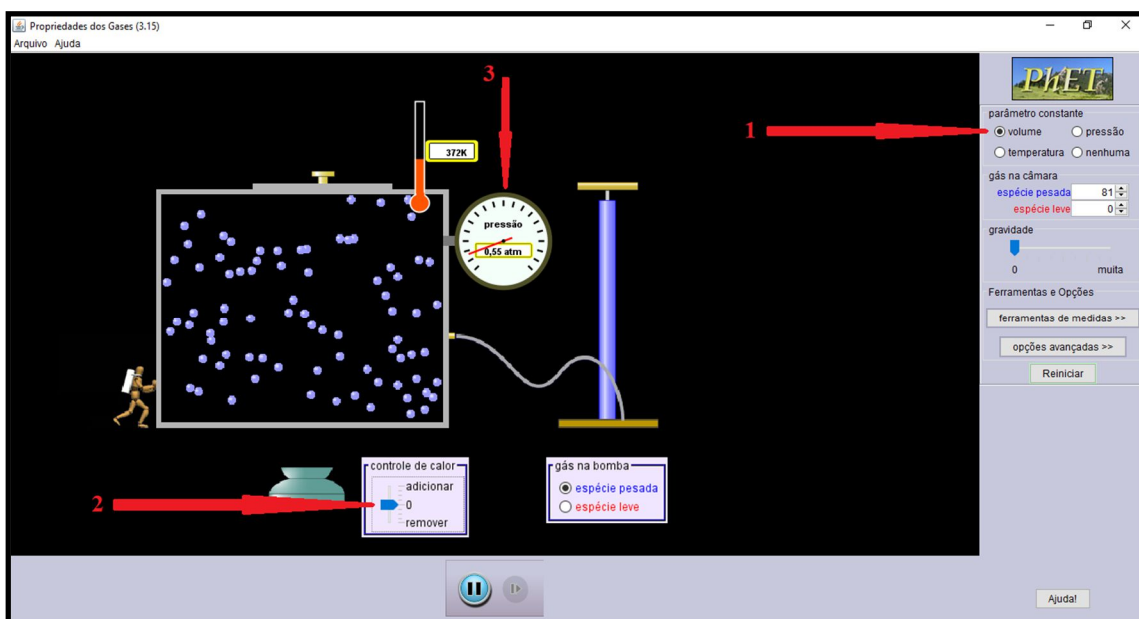


Figura 23: Temperatura versus Pressão vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **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}.

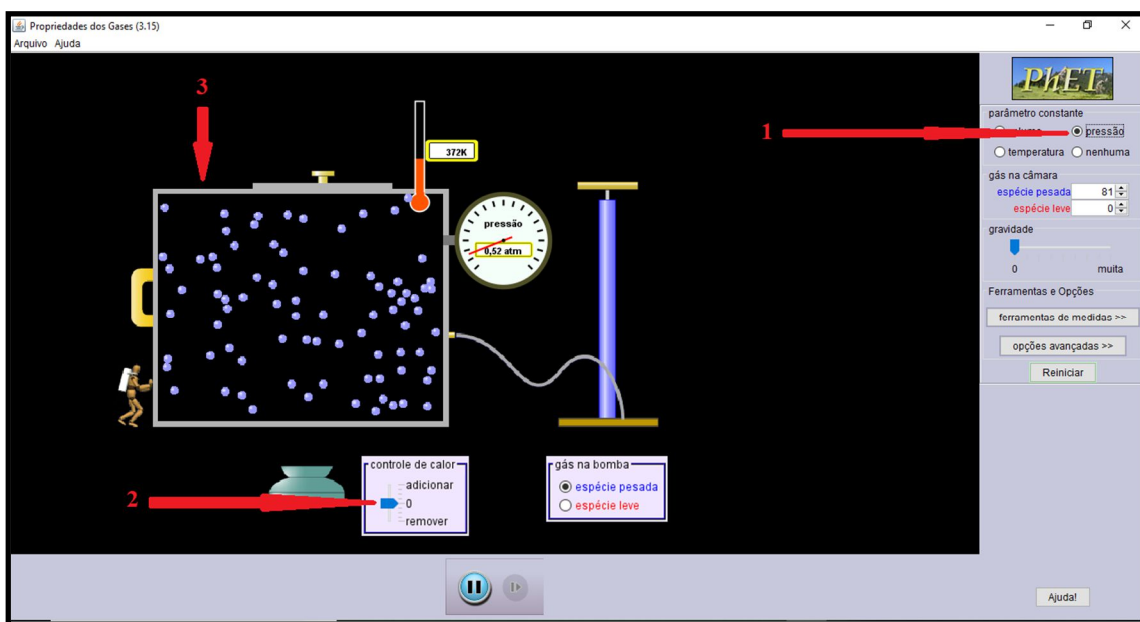


Figura 24: Temperatura versus Volume vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **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}.

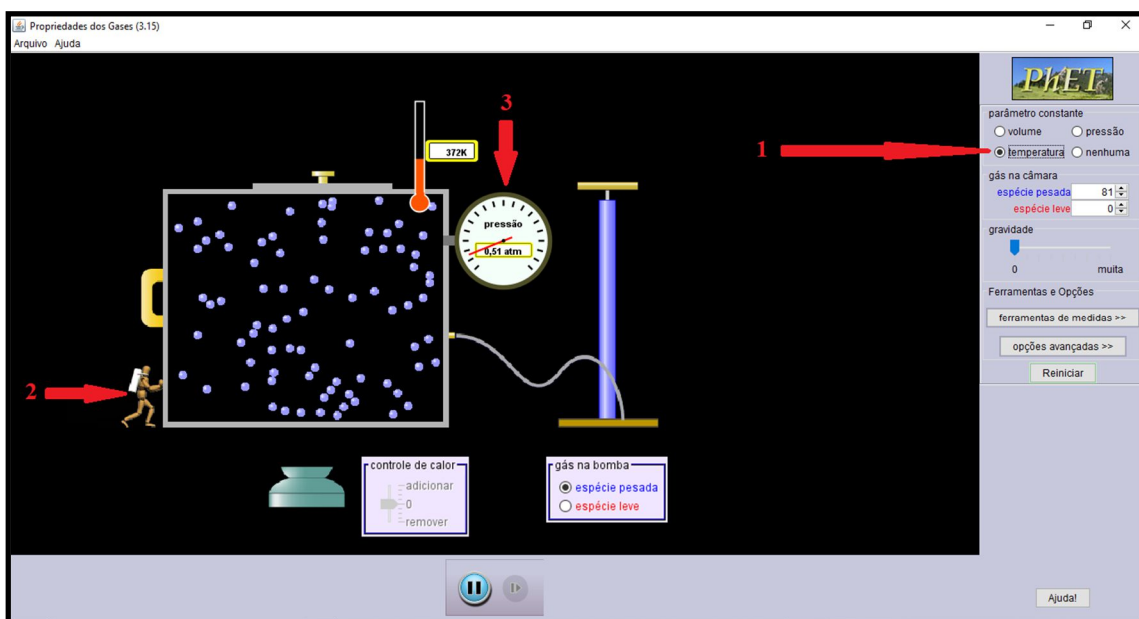


Figura 25: Pressão versus Volume vistas no Simulador Propriedades dos Gases.

- ★ **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:

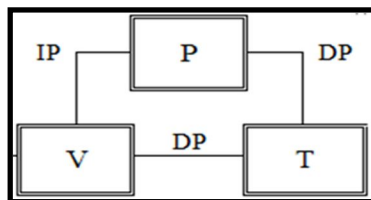


Figura 26: Relação de proporcionalidade entre as variáveis de estado do gás (produzida pela autora).

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!**

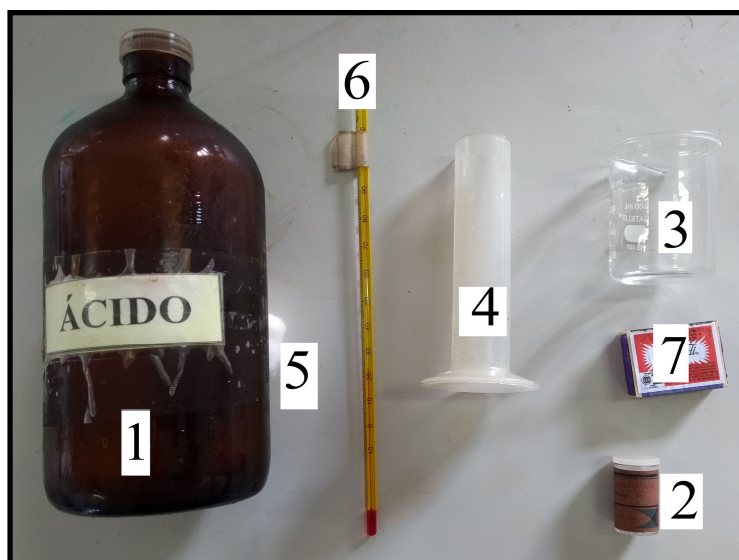


Figura 28: Materiais para o experimento de produção de hidrogênio.

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.

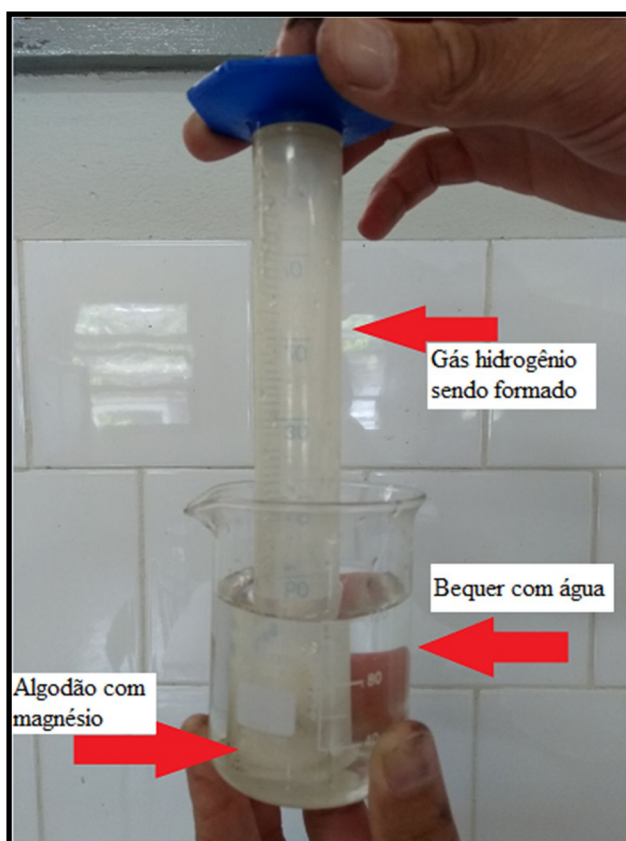


Figura 29: Experimento de produção de hidrogênio em andamento.

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).

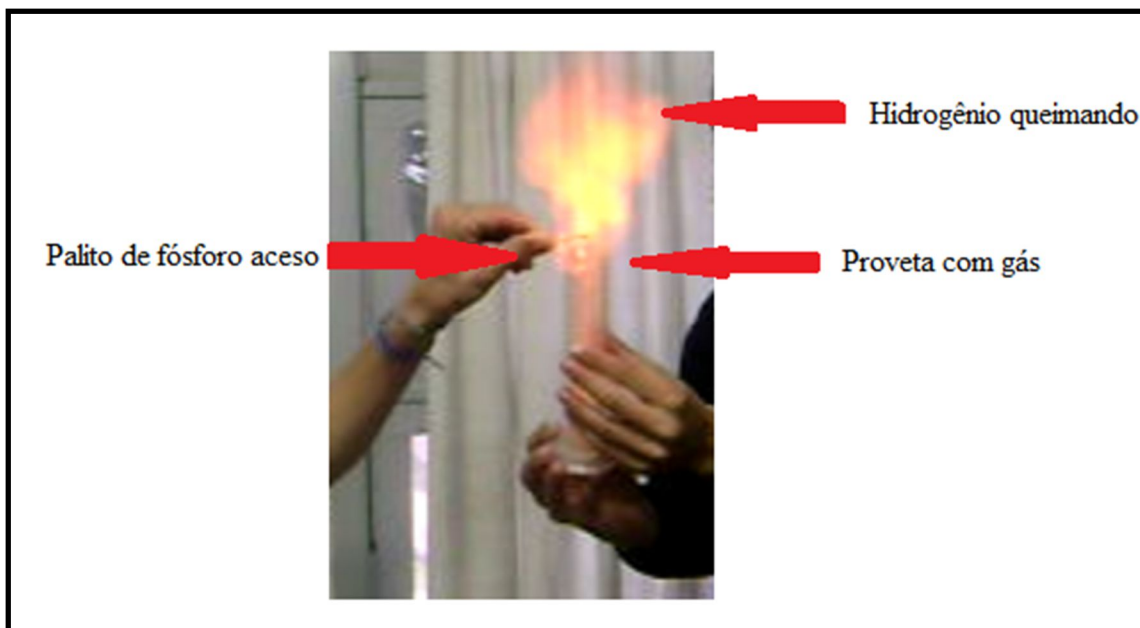


Figura 30: Testando o gás hidrogênio com um palito de fósforo aceso.

- ★ 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 = $P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor da água}}$ =:

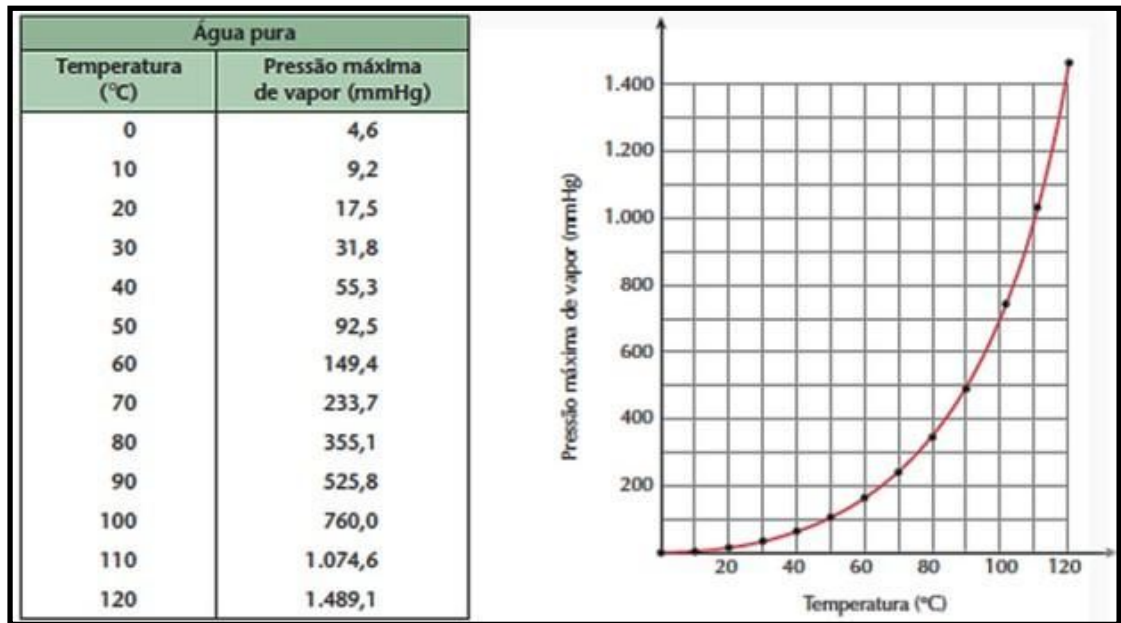


Figura 31: Pressão de vapor da água versus temperatura. (DUTRA, 20--).

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.

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:

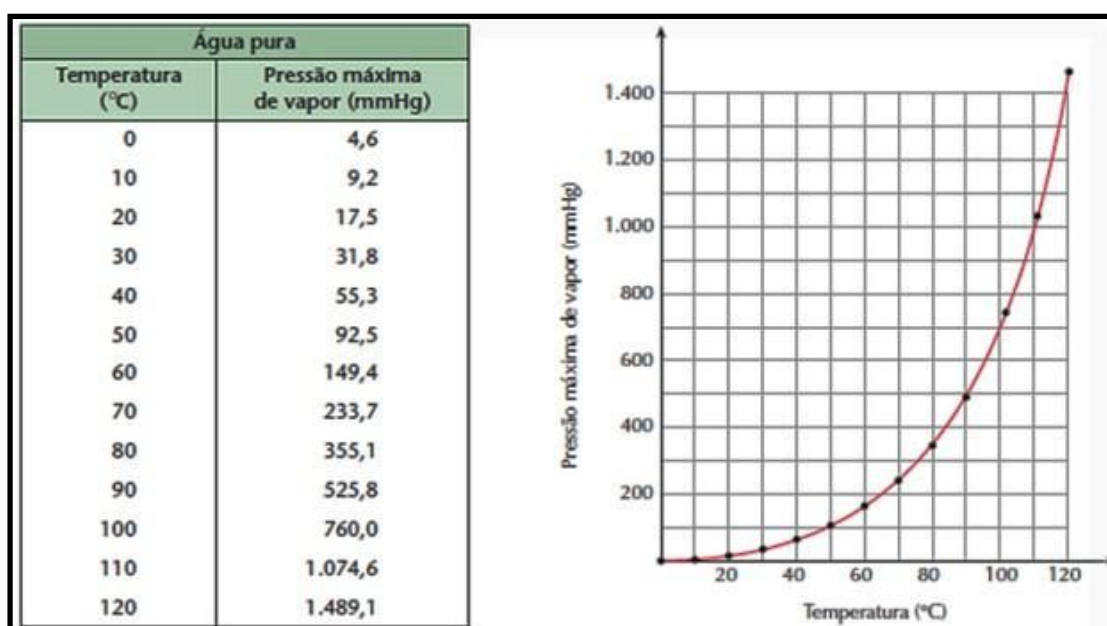
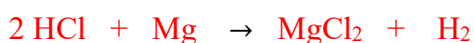


Figura 31: Pressão de vapor da água versus temperatura. (DUTRA, 20--).

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.

ANEXO A - TEXTO UTILIZADO PARA CÁLCULO DA NECESSIDADE DIÁRIA DE CONSUMO DE CALORIAS

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 22: Texto da Revista Superinteressante.

ANEXO B - TEXTO DE INTRODUÇÃO DA PARTE 2

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)

ANEXO C - CURIOSIDADES

«**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.»

«**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!»