



**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE AS PROPRIEDADES
TÉRMICAS: Evidências em Modelos Mentais e Subsunções
(MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR)**

José Bruno dos Santos Barbosa

Manaus – AM
2021

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE AS PROPRIEDADES
TÉRMICAS: Evidências em Modelos Mentais e Subsunções**

José Bruno dos Santos Barbosa

Orientador:
Dr. Marcel Bruno Pereira Braga

Produto educacional, material instrucional, associado à dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) polo 4.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Manaus – AM
2021

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

- B238s Barbosa, José Bruno dos Santos.
Sequência de ensino investigativo sobre as propriedades térmicas: evidências em modelos mentais e subsunçores – material de apoio ao professor / José Bruno dos Santos Barbosa. – Manaus, 2021.
90 f. : il. color.
- Produto Educacional proveniente da Dissertação - Sequência de ensino investigativo sobre as propriedades térmicas: evidências em modelos mentais e subsunçores. (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Marcel Bruno Pereira Braga.
ISBN 978-65-88247-55-6
1. Ensino de física. 2. Termodinâmica. 3. Leis da termodinâmica. 4. Propriedades térmicas. 5. Aprendizagem significativa. I. Braga, Marcel Bruno Pereira. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 536.7

APRESENTAÇÃO

Caro professor este é o produto educacional da dissertação de mestrado Sequência De Ensino Investigativo Sobre As Propriedades Térmicas: Evidências em Modelos Mentais e Subsunçores. Trata-se de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), sobre as propriedades térmicas, especificamente o calor específico, calor latente e condutividade térmica.

O objetivo é proporcionar ao professor do ensino médio, mais especificamente o que atua no segundo ano, uma sequência de aulas para auxiliá-lo no ensino das propriedades térmicas. A sequência utiliza as teorias psicológicas educacionais da Aprendizagem Significativa e dos Modelos Mentais. As aulas começam trazendo os conceitos mais gerais e inclusivos, abordando também o aspecto visual dos conceitos físicos, com o uso dos softwares simuladores.

Este material de apoio possui todos os passos, teorias e recursos didáticos para sua implementação. Começando pela didática do Ensino Investigativo preconizando a participação do aluno nas aulas, o professor deve ser um mediador do conhecimento científico estimulando o aluno ao debate e a formulação de hipóteses, aproveitando o seu conhecimento cotidiano, passando pela psicologia educacional da Aprendizagem Significativa e dos Modelos Mentais. Em seguida o material apresenta os conceitos Físicos abordados em sala, começando pela Termodinâmica e seguindo para as propriedades térmicas.

Outro ponto importante é a apresentação dos recursos didáticos, o material de apoio descreve todos os simuladores, *softwares*, utilizados em sala e a construção dos testes conceituais: Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas e o os testes conceituais (TCTP) e o Teste Pictórico sobre as Fases da Matéria e suas Mudanças.

A Sequência de Ensino possui seis aulas que estão descritas passo-a-passo nesse material de apoio. O quadro a seguir mostra a organização das aulas de forma sintética.

Quadro Organizacional das Aulas			
Tema	Objetivo	Materiais	Atividade
Aula 1 Introdução à Termodinâmica e os estados da matéria	▪ Identificar os tipos de energias, principalmente a energia térmica; ▪ Conhecer as leis da Termodinâmica; ▪ Compreender o movimento molecular; ▪ Identificar os estados da matéria e suas mudanças; ▪ Organizar os conceitos físicos para as próximas aulas.	▪ Computador; ▪ Software leitor de slides; ▪ Quadro branco; ▪ Caixa de som; ▪ Projetor; ▪ Vídeo; ▪ Atividade impressa.	Teste Pictórico

Aula 2	Calorimetria e mudança de fase da matéria	▪ Identificar algumas formas de energia e suas conversões, e como se relacionam com as leis de Termodinâmica; ▪ Identificar os estados da matéria, condensado de Bose-Einstein, Sólido, Líquido, Gasoso e Plasma; ▪ Conhecer a propriedade Calor específico dos materiais; ▪ Conhecer as mudanças de fase da matéria; ▪ Conhecer a propriedade Calor Latente; ▪ Identificar a distribuição molecular nos três estados.	▪ Computador; ▪ Software leitor de slides; ▪ Projetor; ▪ Quadro branco; ▪ Atividade impressa; ▪ Software <i>Formas de Energia e Transformações</i>; ▪ Software <i>Estados da Matéria</i>.	Atividade conceitual realizada na Ficha de Atividades
Aula 3	Mudança de fase da matéria: Perspectiva molecular.	▪ Identificar os estados da matéria e nível molecular, representativo; ▪ Conhecer as mudanças de fase da matéria na perspectiva molecular; ▪ Identificar o movimento molecular nos três estados;	▪ Computador; ▪ Software leitor de slides; ▪ Atividade impressa; ▪ Projetor; ▪ Software Molecular Workbench	Atividade conceitual realizada na Ficha de Respostas
Aula 4	Calor específico e Condutividade Térmica	▪ Diferenciar materiais de baixo e alto calor específico; ▪ Identificar o sentido do calor nos materiais; ▪ Diferenciar materiais de baixa e alta condutividade térmica; ▪ Perceber que a mudança de fase da matéria interfere na condutividade térmica.	▪ Computador; ▪ Software leitor de slides; ▪ Projetor; ▪ Quadro branco; ▪ Atividade impressa; ▪ Software <i>Energy2D</i>; ▪ Software <i>Molecular Workbench</i>.	Reaplicação do Teste Pictórico
Aula 5	Mapa Conceitual	▪ Diferenciar conceitos físicos; ▪ Perceber as conexões e dependências dos conceitos da Termodinâmica; ▪ Criar um mapa de conceitos.	▪ Computador; ▪ Software leitor de slides; ▪ Quadro branco; ▪ Projetor; ▪ Papel A4 em branco.	Construção do Mapa Conceitual
Aula 6	Teste Conceitual	▪ Diferenciar conceitos físicos; ▪ Aplicar os conhecimentos sobre as propriedades térmicas.	▪ Teste Conceitual impresso; ▪ Cartão resposta impresso.	Aplicação do TCTP

É importante saber que o professor pode fazer adaptações às aulas, melhorando e acrescentando mais informações, adaptando à realidade da turma em que está lecionando.

Boa aula!

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	iii
1 – SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA, TEORIA DA APRENDIZAGEM E OS MODELOS MENTAIS	1
1.1 – SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA	1
1.2 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	3
1.2.1 – Mapa Conceitual	5
1.3 – MODELOS MENTAIS	5
2 – UM POUCO DE FÍSICA	8
2.1 – LEIS DA TERMODINÂMICA	8
2.1.1 – Lei Zero	8
2.1.2 – Primeira Lei	9
2.1.3 – Segunda Lei	9
2.2 – MUDANÇAS DE FASE DA MATÉRIA E AS PROPRIEDADES TÉRMICAS	11
2.2.1 – Capacidade Térmica e Calor específico	11
2.2.2 – Transição de Fase da Matéria	13
2.2.3 – Condutividade Térmica	14
3 – CONHECENDO OS RECURSOS DIDÁTICOS	16
3.1 – CONHECENDO OS SIMULADORES	16
3.1.1 – Formas de Energia e Transformações	17
3.1.2 – Estados da Matéria	19
3.1.3 – Energy2D	22
3.1.4 – Molecular Workbench	26
3.2 – SOFTWARE PARA OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS	32
4 – OS TESTES CONCEITUAIS	37
4.1 – TESTE SOBRE A COMPREENSÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS - TCPT	38
4.2 – TESTE PICTÓRICO SOBRE AS FASES DA MATÉRIA E SUAS MUDANÇAS	39
4.2.1 – Primeira Parte	40
4.2.2 – Segunda Parte	41
5 – APLICAÇÃO DA SEI	43
5.1 – AULA 1	45
5.2 – AULA 2	50
5.3 – AULA 3	56
5.4 – AULA 4	62
5.5 – AULA 5	66
5.6 – AULA 6	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICES	76
Apêndice 1 – Teste Pictórico sobre as Fases da Matéria e suas Mudanças	76
Apêndice 2 – Endereço eletrônico dos Slides utilizados nas aulas	78
Apêndice 3 – Ficha de Atividades	79
Apêndice 4 – Ficha de Respostas	80
ANEXO	81
Anexo 1 – Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas	81

1 – SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA, TEORIA DA APRENDIZAGEM E OS MODELOS MENTAIS

1.1 – SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Geralmente, o ensino é visto como um processo em que o professor mostra aos alunos novas informações e conceitos, os estudantes recebem e memorizam podendo utilizar ou não esses conceitos em situações escolares, ou em sua vida cotidiana. Essa prática tradicional é centrada em atividades em que o professor é o principal ator, e os alunos expectadores que registram e acompanham o raciocínio desenvolvido pelo professor. O ensino de Física que pode estabelecer uma mudança nas interações entre o professor e os alunos não deve ser pautado puramente na relação de autoridade em que o professor é absoluto em suas ações. O professor deverá permitir o trabalho intelectual dos alunos de tal forma que ele seja um agente mediador do conhecimento (CARVALHO, 2011).

Para que os alunos aprendam e possam compreender as aulas de Física, visto que não é uma tarefa fácil. As aulas deveram propor um ambiente investigativo, de tal forma que o professor possa ensinar os alunos no processo do trabalho científico para poderem gradativamente ampliar os seus conhecimentos científicos, de preferência recorrendo aos conhecimentos prévios deles.

[...] uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático (CARVALHO, 2013, p. 9).

O planejamento de uma sequência de ensino investigativa que tem o objetivo fazer com que o estudante construa um conceito deve começar por atividades manipulativas na forma de questões ou problemas que, de preferência, envolvam conhecimentos do cotidiano. Nesse caso a questão, ou o problema, pode incluir uma experiência, um jogo, um texto, um vídeo ou uma simulação. A passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo instrucional deve ser feita com a ajuda do professor, quando este leva o aluno por meio de uma série de pequenas ações a tomar consciência dos problemas ou questionamentos propostos. Essa passagem não é fácil para o aluno e nem para o professor, é relevante ter consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Quando o erro é trabalhado, ou seja, quando o aluno reflete sobre

o seu erro e o supera, pode ser mais proveitoso do que ficar seguindo à risca uma aula expositiva (CARVALHO, 2013). É claro que a superação do erro se dá a partir de várias tentativas em resolver um problema ou questão proposta em sala pelo professor.

[...] Uma dessas etapas são a elaboração e o teste de hipóteses. O problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema. A solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que Ciência não é natureza, mas leva a uma explicação da natureza (CARVALHO, 2013, p. 7).

A linguagem abordada na SEI tem uma grande importância sendo preciso direcionar o aluno que na maioria das vezes possui uma linguagem cotidiana para uma linguagem científica. A linguagem científica não é somente a linguagem verbal, é também a linguagem matemática, as imagens, gráficos e tabelas. O professor deve levar para a sala de aula questões ou problemas que conduza o aluno a justificar a sua resposta e fazê-lo sistematizar o seu raciocínio em torno dos conceitos, e gradualmente deixando a sua linguagem mais distante do cotidiano e aproximando da linguagem científica.

Segundo Carvalho (2011) podem ser citados quatro pontos importantes para fundamentar o planejamento de uma Sequência de Ensino Investigativo que tem o objetivo criar condições para a construção do conhecimento pelo aluno:

1 – *A importância de um problema para um início da construção do conhecimento.* É um ponto fundamental, iniciar a sequência com um problema ou questão que seja compreendida pelo aluno e que o leve a formular hipóteses;

2 – *Passar a ação manipulativa para a ação intelectual;*

3 – *A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento;*

4 – *As diferentes etapas das explicações científicas.* As discussões com os alunos devem chegar até a etapa das explicações do que está sendo estudado.

O professor tem um papel importante em verificar se os alunos entenderam os problemas ou questionamentos propostos. Ao verificar que os alunos terminaram uma tarefa atribuída deve recolher o material e organizar um pequeno debate na turma entre os alunos e o professor. Esta é uma etapa importante e o professor deve disponibilizar um tempo na aula para uma sistematização coletiva do conhecimento, podendo fazer perguntas com a intenção de descobrir como os alunos pensaram na solução do problema. As atividades devem ser organizadas de modo que os alunos discutam sobre o assunto, coletivamente, expondo aos colegas suas ideias e entendimento. Assim os alunos podem

começar a tomar consciência das suas ações, é nesse momento que eles podem apresentar suas hipóteses usadas na resolução do problema. Outra etapa importante é sistematização individual do conhecimento que ocorre após a sistematização coletiva, o professor deve pedir que escrevam ou desenhem sobre o que aprenderam em sala de aula (CARVALHO, 2013).

1.2 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O ponto central da teoria do aprendizado significativo de David Ausubel está baseado no conhecimento prévio do aluno. Aquilo que ele já sabe será a base para a aquisição de novos conceitos. A aprendizagem significativa é um processo em que uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (MOREIRA; MASINI, 1982).

Para Ausubel existe a aprendizagem mecânica que é uma aquisição de informações desordenadamente com pouca ou nenhuma conexão entre elas. Os conceitos aprendidos de forma mecânica são armazenados de forma a isolá-los dos demais conhecimentos sem conecta-los, criando um dicionário de conceitos independentes. O conhecimento fica distribuído de forma arbitrária na estrutura cognitiva. No entanto, após a descoberta de um conceito, a aprendizagem só é significativa quando esse novo conceito se liga aos conceitos subsunçores já existentes. Em suma, a aprendizagem é significativa se a nova informação é incorporada de forma não aleatória a estrutura cognitiva, podendo ser por descoberta ou recepção.

Para ocorrer uma aprendizagem significativa são necessárias algumas condições:

1 – O material¹ a ser aprendido deve ser claro e apresentado em linguagem acessível para o aprendiz. Deve-se utilizar exemplos relacionáveis com a estrutura de conhecimento pré-existente.

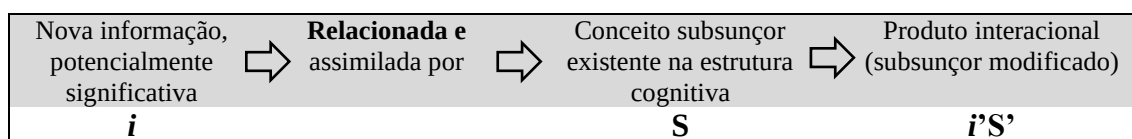
2 – O aluno deve possuir conhecimento anterior relevante (subsunçores). Essa condição ocorre com a própria vivência do indivíduo.

3 – O aluno deve ter vontade de aprender. Essa condição é a mais desafiadora pois depende da motivação do indivíduo em adquirir novos conhecimentos e incorporar a sua estrutura cognitiva.

¹ O termo *material* se refere a livros didáticos, softwares, atividades experimentais, simulações computacionais, entre outros.

A assimilação de conceitos ocorre quando o aluno incorpora uma nova informação as ideias já estabelecidas em sua estrutura cognitiva (SANTROCK, 2009). A característica mais importante do processo de assimilação é a não-arbitrariedade e a substantividade. Conforme Ausubel a assimilação do conhecimento pode ser representada de maneira simbólica conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Processo de Assimilação



Fonte: Moreira; Masini (1982). Adaptado

O princípio da assimilação, pode ser entendido a seguinte forma:

1 – A informação potencialmente significativa ***i*** é assimilada sob uma nova ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva **S**.

2 – ***i*** e **S** agora permanecem relacionados, conectados, a uma nova unidade ***i'S'*** que é o subsunçor modificado.

No que se refere a facilitação programada da aprendizagem significativa, Ausubel propõe quatro princípios, conforme Moreira (2011):

1 – *Diferenciação progressiva*, o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais de uma disciplina sejam apresentadas antes, adicionado progressivamente os detalhes mais específicos.

2 – *Reconciliação integrativa*, a programação do material de ensino deve ser feita para explorar as relações entre as ideias apontando as semelhanças e diferenças, reconciliando as eventuais discrepâncias.

3 – *Organização sequencial*, consiste em sequenciar os tópicos de estudo de maneira coerente com as relações de dependências existentes na matéria de ensino.

4 – *Consolidação*, é pautada no domínio do que está sendo estudado, antes que novos conceitos sejam introduzidos, assegura-se um contínuo manejo na matéria de ensino e alta probabilidade sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada.

Segundo Ausubel (2003) um organizador prévio é um mecanismo pedagógico que ajuda a implementar novos conceitos, estabelecendo uma conexão entre aquilo que o

aprendiz já conhece e aquilo que ele necessita saber. Assim um organizador fornece inicialmente um ancoradouro, em um nível mais geral, antes do discente ser confrontado com um novo conceito. O organizador prévio possui um papel mediador, criando uma relação relevante entre o conceito mais específico e um mais geral.

1.2.1 – Mapa Conceitual

Os mapas conceituais possuem o objetivo de representar as relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição consiste em dois ou mais termos conectados por palavras e formam uma unidade semântica (NOVAK; GOWIN, 1996). Mais especificamente podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram a organização conceitual de um conteúdo.

Os mapas conceituais servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica. Um mapa conceitual também pode funcionar como um mapa rodoviário visual, mostrando alguns dos trajetos que se podem seguir para ligar os significados de conceitos de forma a que resultem proposições. Depois de terminada uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais mostram um resumo esquemático do que foi aprendido (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 31).

1.3 – MODELOS MENTAIS

Representações internas ou *mentais* são maneiras de representar internamente o mundo externo. Os indivíduos não captam o mundo exterior diretamente e rapidamente, eles constroem representações mentais para tentar explicar a priori o mundo externo (MOREIRA, 1996).

Ao tentar explicar o mundo ou fazer previsões, cada indivíduo, cria, simula mentalmente uma estrutura simbólica de componentes (ideias) interligadas. Esses componentes ligados, essas ideias, contribuem para a obtenção de um resultado que explica, pelo menos inicialmente, o funcionamento de um sistema² que naquele momento ainda é complexo ao indivíduo. Dessa forma, a simulação mental permite que uma pessoa possa fazer previsões com um conjunto de condições inicialmente hipotéticas para inferir estados futuros de um sistema.

² Reunião dos elementos, concretos ou abstratos, que se interligam para formar um todo organizado. Algo mais complexo.

O processo de criação e manipulação mental para um modelo de um sistema envolve, segundo Borges (1999), envolve quatro fases:

- 1 – Representar o sistema;
- 2 – Propor um modelo a priori que poderia fazer um sistema funcionar;
- 3 – Imaginar o modelo funcionando, realizando uma simulação mental;
- 4 – Comparar com a realidade.

Com a intenção de caracterizar os modelos mentais, diferenciando de outras representações mentais, como os esquemas de Piaget³ e os constructos de Kelly⁴, Johnson-Laird propõe um conjunto de princípios, segundo Johnson-Laird (1983 apud MOREIRA, 1999, p. 188):

1 – *Princípio da computabilidade*: modelos mentais são computáveis, podem ser descritos na forma de procedimentos efetivos que possam ser executados por uma máquina;

2 – *Princípio da finitude*: modelos mentais são finitos em tamanho e não podem representar um domínio infinito;

3 – *Princípio do construtivismo*: modelos mentais são construídos a partir de elementos básicos organizados de uma forma que represente um estado de coisas;

4 – *Princípio da economia*: uma descrição de um estado de coisas é representada por um só modelo mental. Um único modelo pode representar uma infinidade de possíveis estados de coisas, pois o modelo pode ser revisto recursivamente;

5 – *Princípio da não-indeterminação*: modelos mentais podem representar indeterminações, se somente se, seu uso não for computacionalmente tratável;

6 – *Princípio da predicabilidade*: um predicado pode ser aplicável a todos os termos aos quais outro predicado é aplicável, desde que suas abrangências de aplicação sejam compatíveis entre si;

7 – *Princípio do inatismo*: todos os primitivos conceituais são inatos. Primitivos conceituais subjazem as nossas experiências perceptivas, estratégias cognitivas, ou seja, a capacidade de representar o mundo;

³ Jean Piaget (1896 – 1980). Psicólogo suíço que foi o primeiro a fazer um estudo sistemático sobre a aquisição da compreensão em crianças. Muitos acreditam que ele foi a figura principal da psicologia do desenvolvimento do século XX. <https://www.britannica.com/biography/Jean-Piaget>

⁴ George Alexander Kelly (1905 – 1967). <https://www.britannica.com/biography/George-Kelly-American-psychologist>

8 – *Princípio do número finito de primitivos conceituais*: origina um conjunto correspondente de campos semânticos e outro conjunto finito de conceitos ou “operadores semânticos”, que ocorre em cada campo semântico servindo para construir conceitos mais elaborados;

Esses princípios buscam estruturar os modelos mentais, fazendo algumas limitações em alguns princípios e simplificação em outros. Com relação aos modelos mentais, existem dois a serem considerados, os *físicos* e os *conceituais*. Os modelos físicos representam o mundo físico através da percepção de seus elementos. Já os conceituais são modelos que os indivíduos possuem na mente que representam as abstrações. Os modelos físicos estão classificados em seis tipos, que segundo Johnson-Laird (1983 apud MOREIRA, 1999, p. 191) são:

1 – *Modelo relacional*: é um quadro estático consistindo de um conjunto finito de elementos, que representam um conjunto de entidades físicas, de um conjunto finito de propriedades físicas de tais entidades e de um conjunto de relações entre os elementos representando relações física entre as entidades;

2 – *Modelo espacial*: é um modelo relacional, em que as relações entre as entidades são somente espaciais e estão representadas pela localização dos elementos no espaço;

3 – *Modelo temporal*: consiste em uma sequência de quadros espaciais (de dimensão constante), que ocorre em uma ordem temporal conforme com os eventos;

4 – *Modelo cinemático*: consiste em um modelo temporal psicologicamente contínuo. Esse modelo representa mudanças e movimento nas entidades representadas, sem descontinuidade temporal e que pode funcionar em tempo real;

5 – *Modelo dinâmico*: é um modelo cinemático, no qual existem relações entre os quadros representando relações causais entre os eventos;

6 – *Imagem*: é uma representação, centrada no observador, das características visíveis de um modelo espacial ou cinemático subjacente, correspondendo a uma vista ou projeção do objeto ou estado de coisas.

Os modelos mentais que os indivíduos (alunos, aprendizes ou estudantes) trazem para o ensino instrucional, ambiente escolar, influenciam o ensino e a aprendizagem, portanto devem ser levados em consideração pelo professor. É importante, para o

professor, lidar com conhecimentos que são representados internamente e tentar fazer com que o aluno externalize esses modelos mentais.

2 – UM POUCO DE FÍSICA

De forma simplificada, os tópicos a seguir trazem alguns conceitos físicos para situar o professor de Física, apresentando as Leis da Termodinâmica, Calor Específico, Calor Latente e Condutividade Térmica. Para um estudo mais profundo sobre esses tópicos é recomendado realizar a leitura dos livros que estão na referência.

Seguindo a proposta da Teoria da Aprendizagem Significativa em que o assunto mais geral e inclusivo deve ser apresentado antes, as Leis da Termodinâmica são apresentadas como assunto mais geral, seguindo para os mais específicos que são as propriedades térmicas. Lembrando que esse avanço para o assunto mais específico deve ser feito de forma progressiva e apontando as semelhanças e diferença entre os assuntos.

2.1 – LEIS DA TERMODINÂMICA

2.1.1 – Lei Zero

Supondo que existam dois corpos A e B, de materiais diferentes, de formatos diferentes e tamanhos diferentes. Supondo que A esteja a uma temperatura mais elevada que B e que são colocados em um sistema isolado, observa-se que após um tempo suficientemente longo as propriedades mensuráveis desses corpos param de se modificar. Dessa forma demonstrando que o equilíbrio térmico foi atingido quando as temperaturas dos corpos A e B são as mesmas e não se modificam mais (SEARS; SALINGER, 1979).

Para três sistemas termodinâmicos A, B e C, supondo que A esteja em equilíbrio térmico com B e C, se A for colocado em contato com B ou C, não haverá calor de um para o outro. Então B e C também estão em equilíbrio (SILVÉRIO, 2001). Assim a lei zero pode ser escrita como:

Dois sistemas que estejam em equilíbrio térmico com um terceiro estarão também em equilíbrio térmico um com o outro.

2.1.2 – Primeira Lei

Também conhecido como princípio da conservação de energia, estabelece de modo simples que a energia não pode ser criada nem destruída durante um processo termodinâmico, mas apenas pode mudar de forma (ÇENGEL; GHAJER, 2012). A primeira lei também pode ser enunciada assim:

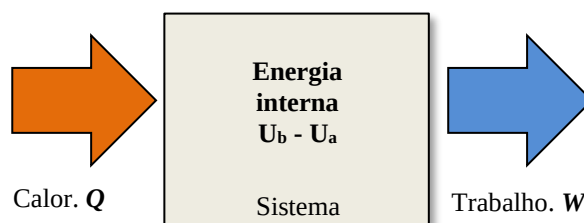
A variação líquida na energia total de um sistema durante um processo é igual a diferença entre a energia total recebida e a energia total rejeitada pelo sistema termodinâmico durante um processo.

Outra forma de enunciar a primeira lei conforme (SEARS; SALINGER, 1979):

A diferença $U_b - U_a$ é o acréscimo na energia interna, e a equação acima afirma que o acréscimo de energia interna de um sistema, em qualquer processo em que não há variação nas energias cinética e potencial do sistema, é igual ao fluxo líquido de calor Q para o sistema menos o trabalho total W realizado pelo sistema.

$$U_b - U_a = Q - W \quad (1)$$

Figura 1 – Esquema mostrando o calor Q sendo adicionado ao sistema, modificando a energia interna e o sistema realizando um trabalho W .

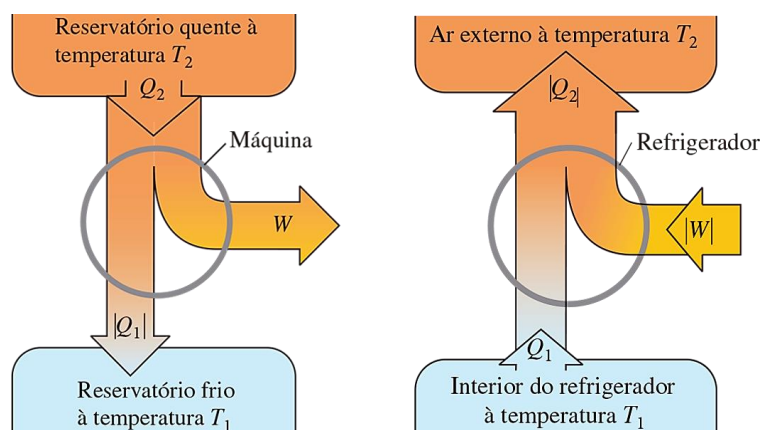


Fonte: Próprio Autor

2.1.3 – Segunda Lei

A Termodinâmica teve a sua origem na tentativa de converter calor em trabalho ao desenvolver dispositivos para essa finalidade, dentre esses dispositivos destacam-se a *máquina térmica* e o *refrigerador*. A máquina térmica com a finalidade de converter o calor em trabalho e o refrigerador utilizando o trabalho para retirar calor de uma fonte. A Figura 2 representa esquematicamente a máquina térmica e o refrigerador, em ambos os casos se busca minimizar a dissipação de energia e o rendimento máximo.

Figura 2 – Diagrama esquemático de uma máquina térmica e de um refrigerador.



Fonte: Young e Freedman (2016). Adaptado

É visível que tanto a máquina térmica quanto o refrigerador possuem um sentido no fluxo de energia. Na máquina o calor é no sentido da fonte ou reservatório quente para a fria realizando trabalho, e não o contrário. No refrigerador o sentido do calor da fonte fria para a fonte quente só é possível realizando trabalho, ou seja, sem realização de trabalho não ocorrerá. Então existe um sentido no processo termodinâmico em ambos os casos e a Segunda Lei da Termodinâmica foi enunciada em termos da máquina térmica e do refrigerador por Kelvin⁵ e Clausius⁶.

Segunda Lei para máquina térmica:

É impossível para qualquer sistema passar por um processo no qual absorve calor de um reservatório a uma dada temperatura e o converte completamente em trabalho mecânico de modo que o sistema termine em um estado idêntico ao inicial (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Segunda Lei para o refrigerador:

É impossível a realização de qualquer processo que tenha como única etapa a transferência de calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Qualquer dispositivo que transforma calor parcialmente em trabalho ou em energia mecânica pode ser considerado como uma máquina térmica. Assim vários

⁵ William Thomson, Lord Kelvin (1824 – 1907), <https://www.britannica.com/biography/William-Thomson-Baron-Kelvin>.

⁶ Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822 – 1888), <https://www.britannica.com/biography/Rudolf-Clausius>.

dispositivos podem ser considerados máquinas térmicas, como motores a combustão interna e externa, a vapor, entre outros.

2.2 – MUDANÇAS DE FASE DA MATÉRIA E AS PROPRIEDADES TÉRMICAS

2.2.1 – Capacidade Térmica e Calor específico

Sob certas condições é possível conhecer a quantidade de calor cedida ou recebida por um sistema, desde que não haja uma mudança de fase. A capacidade térmica é a razão entre o calor e a temperatura. É uma propriedade que indica a habilidade de um sistema em absorver calor da vizinhança (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

$$C = \frac{d'Q}{dT} \quad (2)$$

Para analisar essa propriedade em cada unidade de massa de um material que compõe um sistema define-se o calor específico, como

$$c = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \frac{d'Q}{dT} \quad (3)$$

Então o calor específico é uma propriedade que indica a capacidade de absorver ou ceder calor por unidade de massa de uma substância, fazendo a temperatura variar. Se dois corpos com calores específicos diferentes recebem a mesma quantidade de calor aquela que possui um alto calor específico necessita de mais energia para elevar a sua temperatura, logo uma substância de menor calor específico necessita de menos energia por unidade de massa para elevar a sua temperatura, na prática um material que possui um menor valor de calor específico aquece mais rapidamente do que outro que possui um valor mais alto. O calor específico de um sistema depende da natureza do sistema, ou seja, depende do tipo de material.

É possível verificar que o calor específico difere em cada um dos estados da matéria e essa diferença se dá, basicamente, em relação aos graus de liberdade das moléculas ou átomos que compõe uma substância. A Tabela 1 mostra alguns valores de calor específicos de algumas substâncias, esses valores experimentais concordam com a teoria.

Tabela 1 – Alguns valores de calor específico em sólidos, líquidos e gases.

Calor Específico em algumas substâncias					
Sólidos			Líquidos		
Substância	Temperatura, K	Calor específico c_p , kJ/kg.K	Substância	Temperatura, K	Calor específico c_p , kJ/kg.K
<i>Alumínio</i>			<i>Amônia</i>		
	300	0,902		239,85	4,43
	400	0,949		253,15	4,52
	500	0,997		273,15	4,60
<i>Cobre</i>				298,15	4,80
	223,15	0,367	<i>Nitrogênio</i>		
	273,15	0,381		77,35	2,06
	473,15	0,403		113,15	2,97
<i>Gelo</i>			<i>Água</i>		
	200	1,56		273,15	4,22
	240	1,86		298,15	4,18
	260	2,02		323,15	4,18
	273	2,11		348,15	4,19
Gases					
Substância	Temperatura, K		Calor específico c_v , kJ/kg.K		Calor específico c_p , kJ/kg.K
<i>Ar</i>					
	300		0,718		1,005
	500		0,742		1,029
	700		0,788		1,075
<i>Oxigênio</i>					
	300		0,658		0,918
	400		0,681		0,941
	600		0,743		1,003
<i>Vapor de água</i>					
	300		1,4108		1,8723

Fonte: Çengel e Boles (2013). Adaptado.

Ainda na Tabela 1 é possível verificar a variação do calor específico conforme a temperatura varia para algumas substâncias. Nos sólidos de maneira geral o aumento de temperatura é acompanhado com o aumento do calor específico. Nos líquidos o comportamento é parecido com os dos sólidos, com exceção de substâncias com alguma irregularidade como é o caso da água.

2.2.2 – Transição de Fase da Matéria

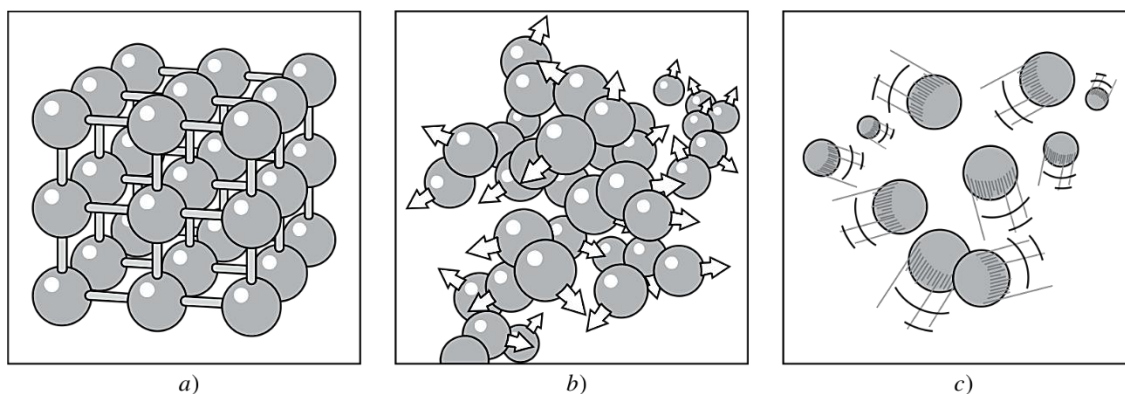
As substâncias podem existir, dependendo das variáveis de estado, em três fases da matéria bem distintas e fáceis de serem observadas, sólido, líquido e gasoso. Outras fases da matéria como o plasma, o condensado de Bose-Einstein e o condensado fermiônico não são simples de serem observadas.

A transição de fase da matéria ocorre quando uma substância vai de um estado físico para outro mudando as suas variáveis de estado que geralmente estão em equilíbrio entre duas fases, e para uma dada pressão isso ocorre a uma temperatura específica. As transições de fase entre os três estados físicos sólido, líquido e gasoso: fusão, vaporização, sublimação e seus inversos (solidificação, condensação e sublimação inversa).

Mudanças de fase são associadas a mudança de volume e entropia, e sendo assim um trabalho será realizado por um sistema ou realizado sobre ele. A

Figura 3 exemplifica como os átomos estão distribuídos e sua estrutura nos materiais. Normalmente o volume ocupado pelos átomos aumenta no sentido do estado gasoso.

Figura 3 – Disposição dos átomos em diferentes fases: a) em um sólido os átomos estão em posições relativamente fixas, b) na fase líquida os átomos formam grupos e estão mais separados e c) na fase gasosa os átomos são dispersos formando uma nuvem.



Fonte: Çengel e Boles (2013).

Se a mudança de fase for a pressão constante e a temperatura constante um sistema deverá absorver ou perder calor, e o calor de transformação l é definido como a razão do calor absorvido ou cedido para que a massa m sofrer uma mudança de fase.

$$l = \frac{Q}{m} \quad (4)$$

A Tabela 2 possui alguns valores de calor latente para algumas substâncias.

Tabela 2 – Calor Latente de fusão e vaporização de algumas substâncias.

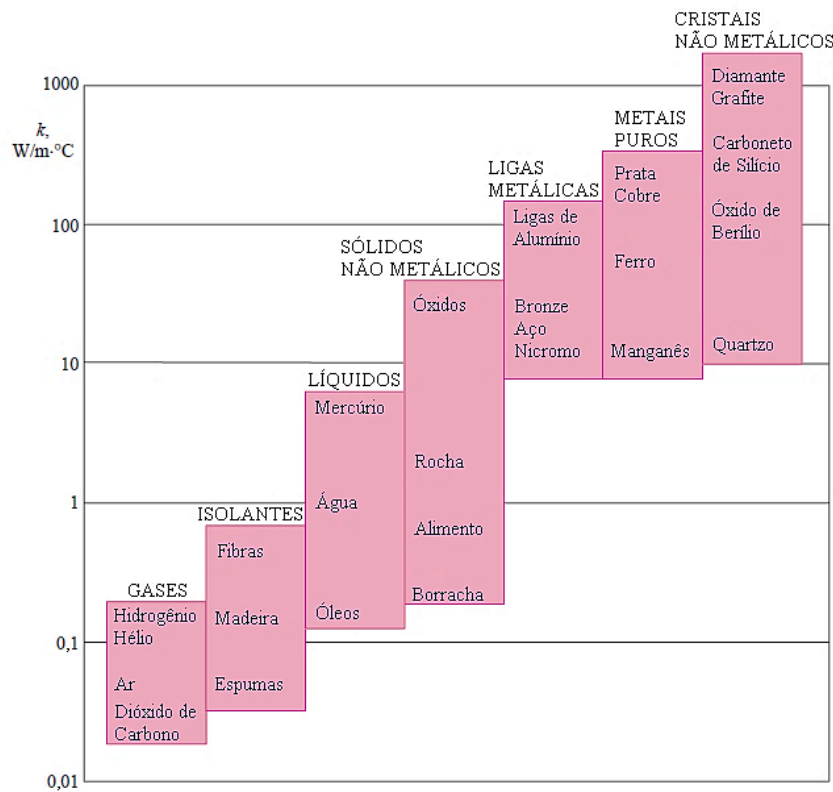
Substância	Ponto de fusão, K	Calor latente de fusão L_F , kJ/kg	Ponto de vaporização, K	Calor latente de vaporização L_V , kJ/kg
Hélio	*	*	4,216	20,9
Hidrogênio	13,84	58,6	20,26	452
Nitrogênio	63,18	25,5	77,34	201
Oxigênio	54,36	13,8	90,18	213
Etanol	159	104,2	351	854
Mercúrio	234	11,8	630	272
Água	273,15	334	373,15	2256
Chumbo	600,5	24,5	2023	871
Prata	1233,95	88,3	2466	2336
Ouro	1336,15	64,5	2933	1578
Cobre	1356	134	1460	5069

Fonte: Young e Freedman (2016). Adaptado. *É necessário aplicar uma pressão superior a 25 atm para o hélio solidificar.

2.2.3 – Condutividade Térmica

A condutividade térmica é uma propriedade de transporte que fornece a uma informação de como o calor transita nos materiais. É uma propriedade que depende da natureza do material e de que fase se encontra. Geralmente, a condutividade térmica possui altos valores nos sólidos e menores valores nos gases, e os líquidos ficando com valores intermediários. Para medir a condutividade num fluido, se faz necessário evitar o deslocamento de massa do material, tornando um processo complexo e por isso, determinar valores de condutividade para meios sólidos é mais simples. A Figura 4 mostra as faixas de valores da condutividade de materiais em várias fases da matéria.

Figura 4 – Faixa de condutividade térmica de diversos materiais em temperatura ambiente.



Fonte: Çengel e Ghajer (2012).

Nos sólidos a condução de calor é devida basicamente aos efeitos da vibração da rede, que pode ser cristalina, formada pelos átomos dos materiais. E também pela energia transportada pelos elétrons livres (ÇENGEL; GHAJER, 2012). Geralmente a condutividade térmica pode ser determinada pelo cálculo da condução de calor numa região do material.

$$\dot{Q} = \frac{d'Q}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (5)$$

Uma substância com um grande valor de condutividade é chamada de condutor térmico e com baixo valor chamada de isolante. Se a diferença de temperatura entre partes de uma substância for pequena, k pode ser considerado constante em toda substância (ZEMANSKY, 1978). Reescrevendo em termos da condutividade a equação se torna:

$$k = - \frac{\dot{Q}}{A(dT/dx)} \quad (6)$$

Para os gases a condução de calor e a determinação da condutividade térmica se dá pelo uso da teoria cinética dos gases. Em que deve ser considerado a análise estatística das moléculas dos gases a fim de determinar a energia cinética molecular através de uma superfície. Os movimentos aleatórios e as colisões das moléculas são consideradas nessa

análise, então é importante saber o livre caminho médio e a velocidade média $\bar{v} = \sqrt{8k_B T / \pi m}$ das moléculas (SEARS; SALINGER, 1979). Assim a condutividade poderá ser escrita, para um gás, como uma grandeza dependente do calor específico a volume constante dividido pelo número de Avogadro $c_V^* = c_V / N_A$, da velocidade média das moléculas $\bar{v}$, do livre caminho médio λ e o número de moléculas por volume n .

$$k = \frac{1}{3} n \bar{v} c_V^* \lambda \quad (7)$$

Em materiais líquidos as forças entre as moléculas são mais fracas do que nos sólidos e mais fortes do que nos gases, pois o espaço entre as moléculas se aproxima mais dos sólidos, o caminho médio livre diminui (SEARS; SALINGER, 1979).

3 – CONHECENDO OS RECURSOS DIDÁTICOS

Alguns recursos em sala de aula são já são bem comuns e já fazem parte dos sistemas de ensino, como o quadro negro que acabou se tornando branco para o uso de marcadores coloridos que substituíram o antigo giz de cera, cartazes, livro didático e algumas vezes projetores. Também está se tornando hábito o uso do computador e do *smartphone* com recurso didático ou para o auxílio do professor. Para o ensino de Física associar o computador a um simulador pode se tornar um recurso didático muito bom, um *software* simulador pode trazer um laboratório virtual para dentro da sala de aula. Essa possibilidade facilita o acesso do aluno a experiência física mesmo que de forma virtual, podendo amenizar a eventual falta de um laboratório de Física na escola.

3.1 – CONHECENDO OS SIMULADORES

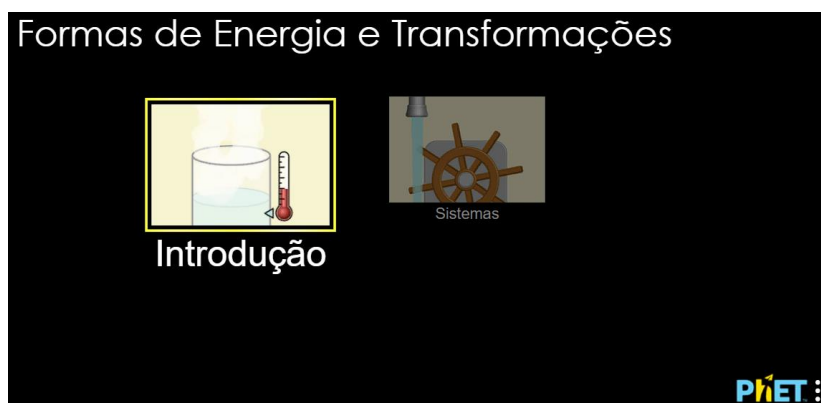
Os softwares simuladores possuem têm como principal objetivo visualizar as interações físicas, mostrando, claro, de forma virtual na tela de um computador. Sua utilização ajuda no entendimento dos conceitos físicos. Na escola o seu uso pode facilitar o aprendizado dos alunos, ajudando de forma visual, mostrando interações que até então eram somente faladas pelo professor e representadas de forma estática nas imagens dos livros didáticos. Os simuladores são: *Formas de Energia e Transformações*, *Estados da Matéria*, *Energy2D* e o *Molecular Workbench*. Que serão apresentados de forma sucinta, mas suficiente para que o leitor possa utilizá-lo de forma satisfatória. Um ponto

importante sobre esses simuladores é que todos são de licença de uso gratuito⁷, ou seja, podem ser utilizados por todos.

3.1.1 – Formas de Energia e Transformações

Este software é um simulador básico sobre as formas de energia e suas conversões, em que a ênfase está na energia térmica. O simulador é de autoria do Phet da Universidade do Colorado (BOULDER, 2013) possui uma licença de uso gratuita e está disponível na internet para uso *online* ou *offline*, sendo a versão *online* mais recente. A Figura 5 mostra a interface inicial do simulador, onde está disponível duas opções de escolha, Introdução ou Sistemas.

Figura 5- Tela inicial do simulador Formas de Energia e Transformações

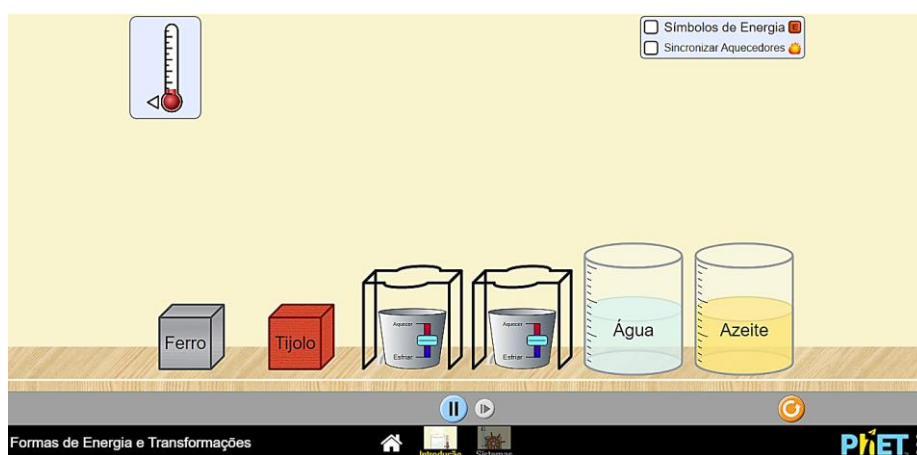


Fonte: Próprio Autor

Na opção Introdução é possível explorar o aquecimento e o resfriamento dos materiais ferro, tijolo, água e azeite. É possível “visualizar” a energia térmica fluindo nos materiais, marcando a opção Símbolos de Energia. As fontes térmicas estão abaixo dos suportes, que servem para colocar os materiais sobre eles, possuem duas configurações Aquecer e Resfriar.

⁷ Os softwares são regidos pela Licença Pública Geral (GNU) - <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>, Licença MIT - <https://opensource.org/licenses/MIT> e pela licença Creative Commons Attribution (CC-BY) - <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

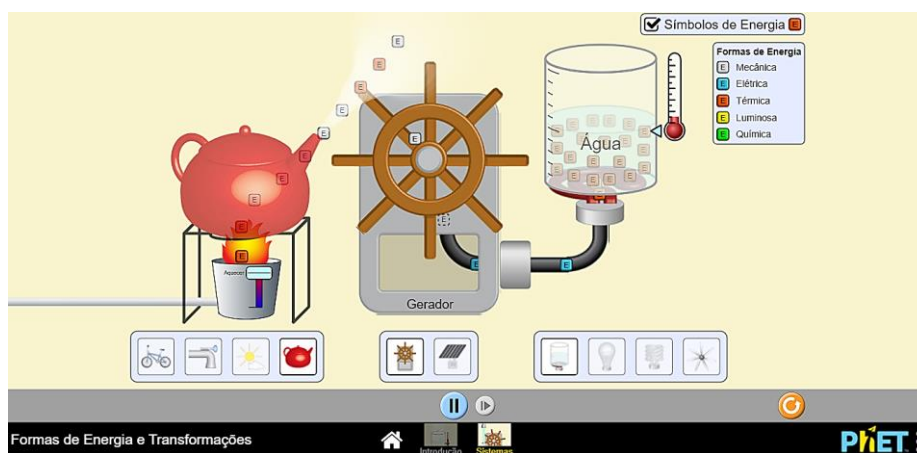
Figura 6 – Tela Introdução do simulador.



Fonte: Próprio Autor

Na opção Sistemas o simulador mostra a conversão de diversas formas de energia. Nessa parte é possível modificar a fonte de energia, o gerador e os aparelhos receptores. Há diversas opções de fontes e aparelhos receptores, é possível combinar vários. Com a opção de Símbolos de Energia ligada é possível “visualizar” os tipos de energias envolvidas na simulação, Figura 7.

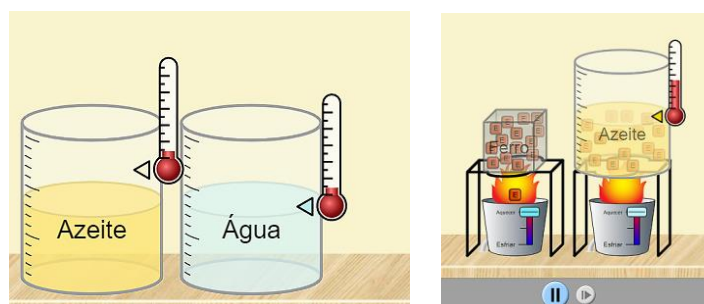
Figura 7 – Tela Sistemas do simulador



Fonte: Próprio Autor

Voltando à tela de Introdução é possível manipular os materiais e medir, de forma estimada, suas temperaturas sem uso de unidade de medida. Para esse fim, basta anexar um termômetro ao material que queira medir a temperatura. É importante que a ponta triangular na base do termômetro fique da mesma cor do material, caso contrário o termômetro não medirá a temperatura do material.

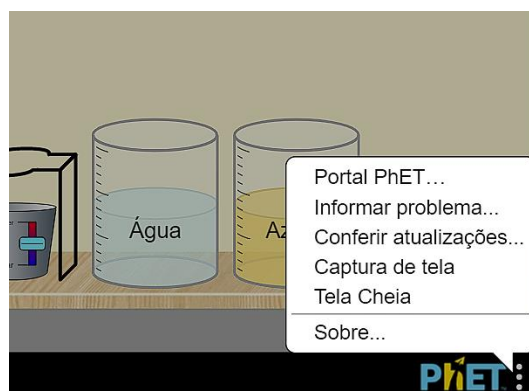
Figura 8 – Materiais com termômetro anexado.



Fonte: Próprio Autor

Para adicionar um termômetro em qualquer material basta arrastá-lo do canto superior esquerdo com o ponteiro do *mouse* e colocar sobre o material desejado. O simulador possui um menu de configurações no canto inferior direito, Figura 9, nesse menu é possível verificar atualizações, colocar em tela cheia, ir para o site do desenvolvedor e a opção sobre.

Figura 9 – Menu de configuração do Simulador



Fonte: Próprio Autor

As configurações do simulador são simples e é voltado para o usuário iniciante, podendo ser utilizado por professores e alunos.

3.1.2 – Estados da Matéria

Este software, como o anterior, também é de autoria do Phet da Universidade do Colorado (BOULDER, 2012) e também é um simulador de configurações básicas, destinado a usuário final. Esse simulador não tem a necessidade de configurações complexas para o seu funcionamento, e como o nome dele sugere, é um software voltado

para simular as mudanças de estado físico da matéria. Na tela inicial é possível escolher entre Estados e Mudança de Fase, Figura 10.

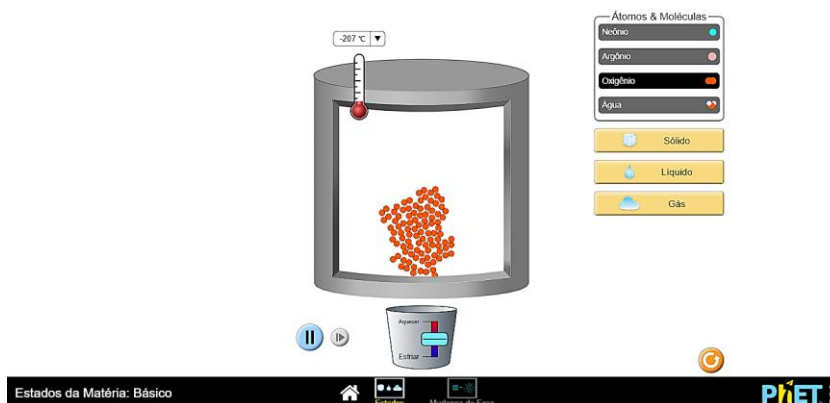
Figura 10 – Tela inicial do simulador Estados da Matéria



Fonte: Próprio Autor

Selecionando a opção Estados o simulador irá mostrar a tela da Figura 11 onde é possível selecionar a substância que se deseja visualizar o estado físico entre elas estão: Neônio, Argônio, Oxigênio e Água. A simulação dos estados físicos acontece a nível molecular como é mostrado na Figura 11. Inicialmente deve-se escolher a substância e o estado físico desejado (sólido, líquido e gasoso) para visualizar, veja que é possível modificar a escala de temperatura. Outro modo de interação é provocar a mudança de fase com o aumento da temperatura, que pode ser aquecendo ou esfriando através do controle localizado na fonte térmica.

Figura 11 – Tela Estados no simulador.



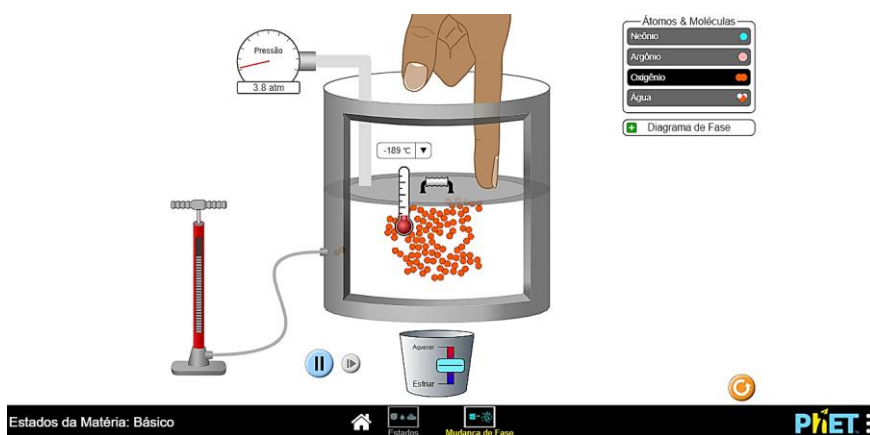
Fonte: Próprio Autor

Ao mudar a temperatura, aquecendo ou esfriando, é possível visualizar o comportamento molecular ao passar de um estado para outro. É importante ficar atento a

mudança de volume das substâncias ao mudar de fase, lembrando que a água possui uma irregularidade ao passar para o estado sólido, aumentando de volume ao invés de diminuir como ocorre nas outras substâncias. Durante a simulação as moléculas possuem um movimento rápido, dependendo da fase, e para ajudar na visualização em alguns casos é possível pausar a simulação, com o uso do botão Pause de cor azul localizado próximo a fonte térmica.

Na segunda parte do simulado, a tela Mudança de Fase, é adicionado a duas novas variáveis a pressão e a quantidade de moléculas. Nessa parte é possível modificar a pressão para visualizar a mudança de fase da matéria movimentando a pampa do recipiente para cima ou para baixo, para diminuir ou aumentar a pressão (ver Figura 12). A seleção da substância continua disponível podendo ser modificada a qualquer momento. Outra parte importante é a disponibilidade do diagrama de fase, que conforme a pressão, volume, temperatura ou número de moléculas se modificam o diagrama indica qual a fase correspondente.

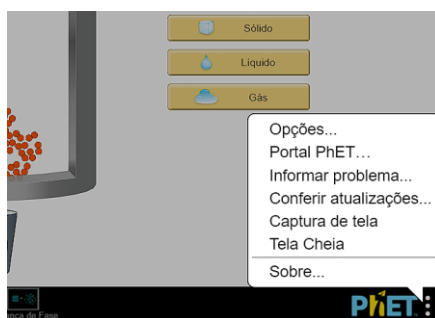
Figura 12 – Tela Mudança de Fase no simulador



Fonte: Próprio Autor

O software possui o menu de opções, bem simplificado, como mostrado da Figura 13. Nele é possível modificar a cor de fundo do simulador entre preto e branco, colocar em tela cheia, informações sobre o software e verificar as atualizações.

Figura 13 – Menu de configurações do simulador



Fonte: Próprio Autor

De modo geral o software é de simples configuração, basicamente ligar e usar sem a necessidade de configurações complicadas e não há a necessidade de construir um modelo, já está pronto. É um simulador que pode ser usado por professores e alunos, sem que haja problemas em seu entendimento.

3.1.3 – Energy2D

Este simulador pode ser considerado de uso intermediário para avançado, é bastante completo. Seu foco está no calor, tratando-o de forma contínua. O *software* possui uma interface simples possuindo um grande espaço para a inserção de objetos, termômetros, sensores de calor e gráficos. Lembrando que o *software* está na língua inglesa, não é um grande empecilho pois os termos são de fácil tradução. A Figura 14 mostra a tela inicial do *Energy2D* (XIE, 2020), bem limpa ou minimalista. As configurações e os itens para serem inseridos estão dispostos no menu superior e nos botões logo abaixo, menu clássico em softwares de computadores. Os objetos que farão parte da simulação como blocos, anéis, círculos, polígonos, partículas, ventilador, árvore e nuvem são inseridos pelos botões abaixo do menu ou pela opção *Insert* no menu. Já na parte inferior o simulador possui o controle de iniciar a simulação (*Run*), um para parar (*Stop*), um para reiniciar (*Reset*) e outro para recarregar a simulação salva (*Reload*).

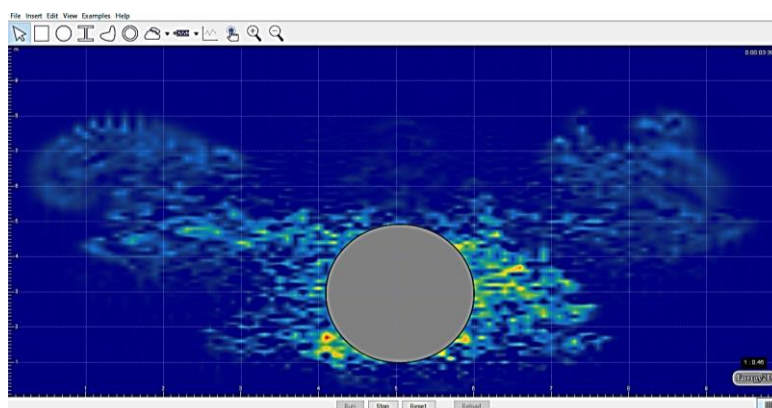
Figura 14 – Tela inicial do simulador Energy2D



Fonte: Próprio Autor

A partir do momento em que um objeto é inserido já pode começar a simulação. Por padrão o ambiente em que os objetos são inseridos possuem e configuração do ar, ou seja, os parâmetros estão configurados com informações do ar. Qualquer objeto, nesse início, aquecido se comportará como na Figura 15.

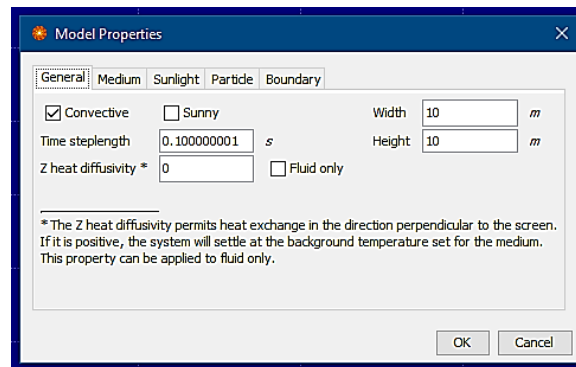
Figura 15 – Simulação de um objeto esférico



Fonte: Próprio Autor

Para ajustar as propriedades do ambiente e como os objetos devem se comportar basta clicar com o botão direito do *mouse* na tela azul e depois em *Properties*, Figura 16. Nessa janela o ambiente pode ser configurado para se comportar como um fluido ou não. Também é possível considerar a incidência solar no ambiente, na opção *Sunlight* pode ser modificada as configurações sobre os raios solares. Na aba *Medium* é possível configurar as propriedades térmicas do ambiente, como temperatura, condutividade, calor específico, densidade, entre outros.

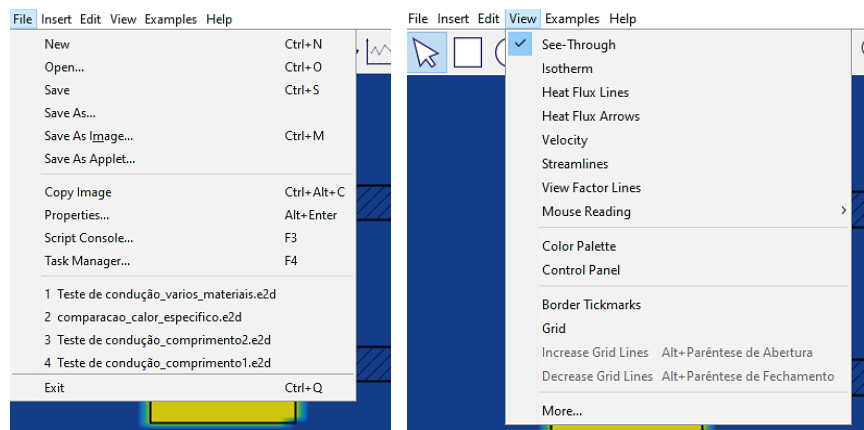
Figura 16 – Propriedades do modelo



Fonte: Próprio Autor

No menu superior, com as opções quase que padrões nos softwares, possui o item *File, Insert, Edit, View, Examples e Help*. A Figura 17 mostra o menu superior do software, com atenção especial para o *View*, nele é possível modificar a visualização do calor nos corpos. Entre as visualizações estão as Isotermas, Linhas de calor, Flexas de calor e Velocidade. Essas visualizações ajudam a compreender como o calor flui nos corpos.

Figura 17 – Menu principal do simulador



Fonte: Próprio Autor

A barra de inserção de itens (botões) logo abaixo do menu fornece mais opções do que o menu *Insert*. A opção seta do *mouse* serve para marcar, arrastar, seleccionar e visualizar as configurações dos objetos colocados no ambiente (tela azul), Figura 18. Os outros botões servem para adicionar objetos ao ambiente como o retângulo, a elipse, polígono, bolha e o anel.

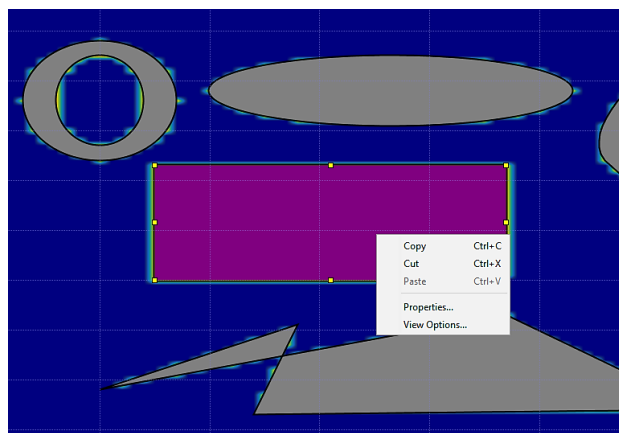
Figura 18 – Barra de inserção de itens



Fonte: Próprio Autor

Esses objetos após inseridos no ambiente de simulação podem ter suas propriedades modificadas, basta um clique com o botão direito do *mouse* sobre o objeto para ter acesso ao menu, Figura 19.

Figura 19 – Menu de um objeto no ambiente do simulador

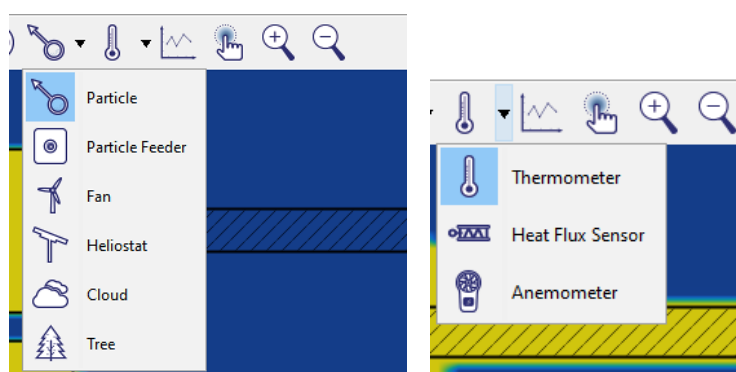


Fonte: Próprio Autor

Na opção *View Options* é possível mudar a cor do objeto, torna-lo visível ou transparente e pode ser bloqueado em uma posição. Na opção *Properties* é possível modificar as propriedades térmicas do objeto como calor específico, condutividade e temperatura. Também é possível colocar o objeto como uma fonte térmica.

A Figura 20 mostra os subitens da barra de inserção, esses subitens podem ser adicionados ao ambiente de simulação, o primeiro insere partículas, nuvens, ventilador, árvore e espelho refletor solar. O segundo subitem insere os sensores, termômetro, anemômetro e fluxo de calor.

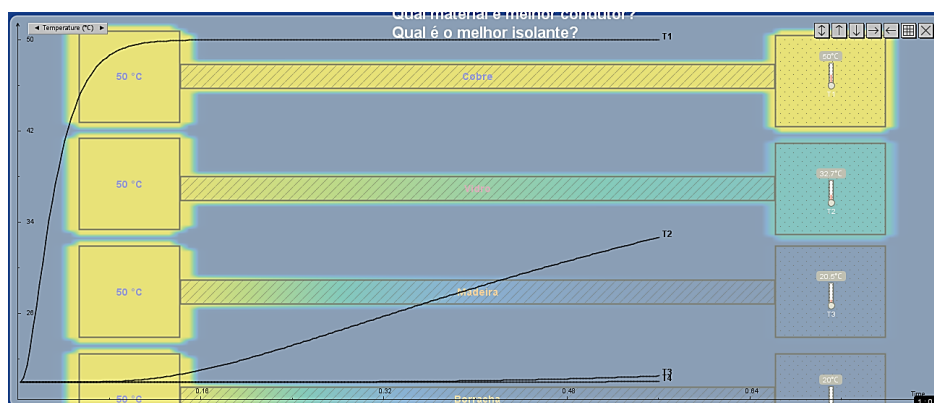
Figura 20 – Barra de inserção de itens, subitens



Fonte: Próprio Autor

O subitem que possui um símbolo de um plano cartesiano serve para mostrar o comportamento gráfico medido pelos sensores, termômetro, anemômetro e fluxo de calor. O gráfico é obtido na tela em tempo real, no momento da simulação (ver Figura 21).

Figura 21 – Gráfico de aquecimento para quatro substâncias



Fonte: Próprio Autor

3.1.4 – Molecular Workbench

Este *software* é um simulador avançado, possui vários recursos e é configurável. Ele é voltado para as interações moleculares, pode ser usado para diversos ramos da ciência como, Física, Química e Biologia. O *Molecular Workbench* possui duas versões, uma *online* e outra *offline*, a diferença está no conteúdo mais recente da versão *online* (XIE, 2014). A Figura 22 mostra a tela inicial do simulador, onde possui as opções de Começando (*Getting Started*), Livraria de Modelos (*Library of Models*) e Centro de Atividades (*Activity Center*). Também possui uma lista rápida de alguns modelos disponíveis.

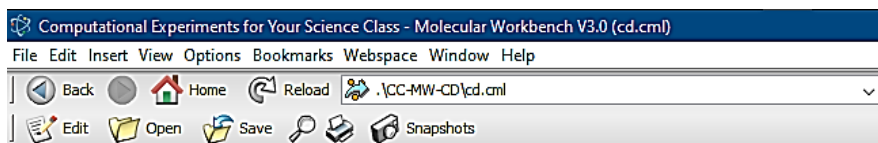
Figura 22 – Tela inicial do simulador Molecular Workbench



Fonte: Próprio Autor

No menu principal estão localizadas as opções *File*, *Edit*, *Insert*, *View*, *Options*, *Bookmarks*, *Webpace*, *Window* e *Help*. Opções comumente utilizada em programas de computadores, Figura 23.

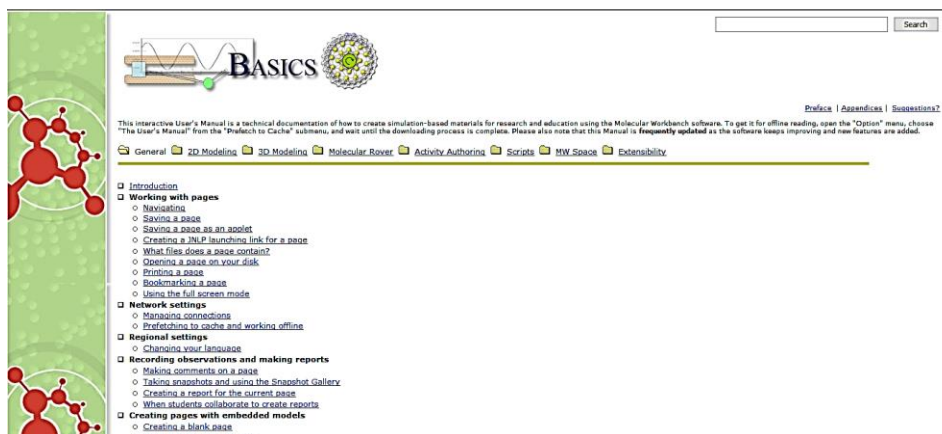
Figura 23 – Menu principal do simulador, barra de navegação e barra de edição



Fonte: Próprio Autor

Na opção *começando* na tela inicial é possível visualizar o manual de operações do *software*, é possível notar que é bastante extenso, com vários passos, é um *software* bastante completo e complexo (ver Figura 24). O manual orienta desde as questões mais gerais de configuração até as modelagens em 3D, ele utiliza vários exemplos para mostrar as funções.

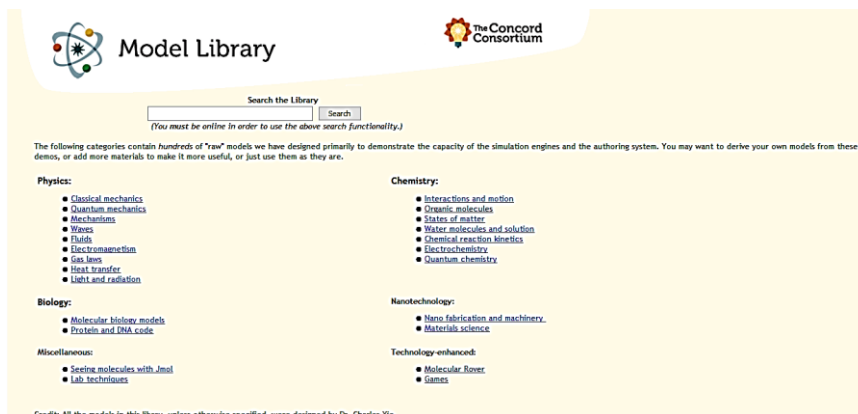
Figura 24 – Tela do manual de operações do simulador



Fonte: Próprio Autor

A segunda opção na tela inicial, a Livraria de Modelos, como o nome sugere possui uma grande quantidade de modelos prontos para o uso pelo professor, Figura 25. Os modelos disponíveis estão separados pelo ramo da ciência que ele se encaixa como Física, Química, Biologia e Nanotecnologia. É possível observar que o tópico de Física possui uma grande quantidade de assuntos abordados, que servem para vários níveis de ensino.

Figura 25 – Tela da Livraria de Modelos



Fonte: Próprio Autor

Abrindo um dos tópicos é possível ver as várias simulações disponíveis, que podem ser usadas pelo professor, já estão prontas e podem ser modificadas de acordo com a necessidade (ver Figura 26).

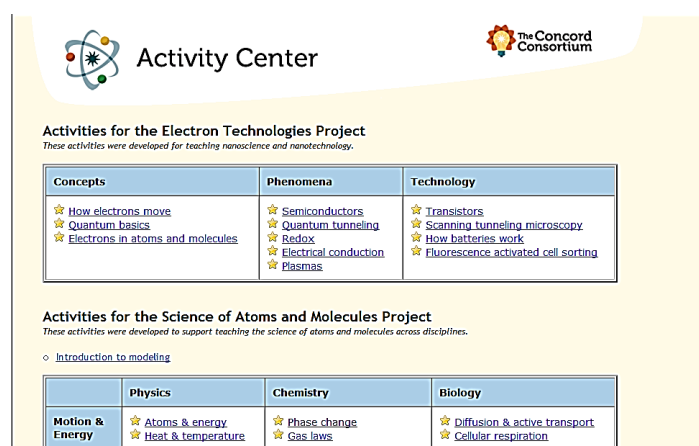
Figura 26 – Tópico Transferência de Calor



Fonte: Próprio Autor

Na terceira opção da tela inicial, *Activity Center*, Centro de Atividades é possível navegar por várias atividades prontas de várias áreas de conhecimento, Figura 27. Após a escolha do tema é possível modifica-lo.

Figura 27 – Centro de atividades do simulador



Fonte: Próprio Autor

A Figura 28 mostra o tema *Phase change* (mudança de fase), já traduzido, ele é separado por tópicos onde podem ser explorados com uso do *mouse*. Os tópicos são sequenciais com uma barra de navegação numérica, uma configuração padrão das atividades.

Figura 28 – Tópico mudança de fase no centro de atividades.

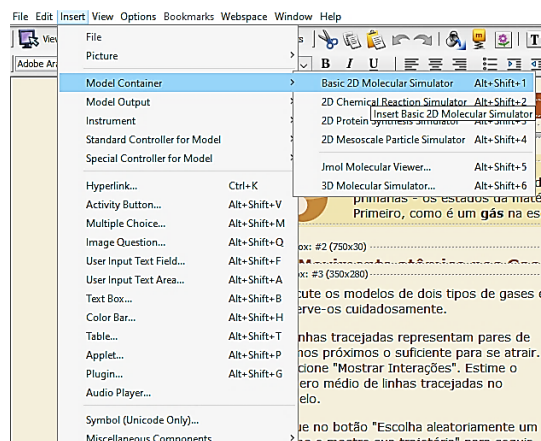


Fonte: Próprio Autor

Para realizar a edição de qualquer parte da atividade como no texto, nas imagens ou nas simulações basta ativar a edição na barra de tarefas (ver Figura 23). Com esse modo ativado é possível realizar as modificações e posteriormente salvar as modificações.

Após habilitar a edição a barra de tarefas irá modificar para a barra de edição, aparecendo os botões de inserção de imagens, texto e simulação. A Figura 29 mostra, no menu principal, a opção *Insert* que contém todos os itens para ser inserido.

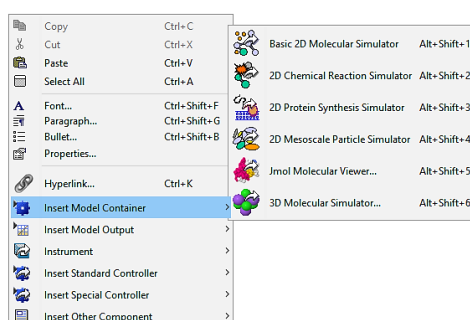
Figura 29 – Opção Insert do Menu principal.



Fonte: Próprio Autor

Também é possível inserir objetos, modelos 2D ou 3D utilizando o botão direito do *mouse* clicando na área de trabalho do simulador (ver Figura 30). Nesse menu também é possível modificar a cor de fundo da área de trabalho, o tipo de fonte e cor, parágrafo e marcadores de texto.

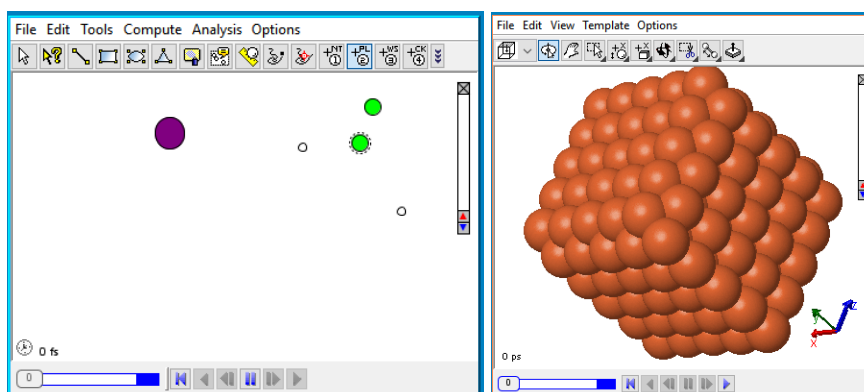
Figura 30 - Menu na área de trabalho do simulador



Fonte: Próprio Autor

Para os modelos 2D e 3D de interação molecular existe uma caixa onde ocorrem as interações. Na Figura 31, a esquerda o modelo 2D e a direita o modelo 3D ambos inseridos na área de trabalho do simulador. A caixa da simulação possui um menu próprio com várias opções, desde inserir moléculas, modificar a visualização, modificar as interações, adicionar campo elétrico, gravitacional, entre outras opções.

Figura 31 – Modelos de interação 2D e 3D



Fonte: Próprio Autor

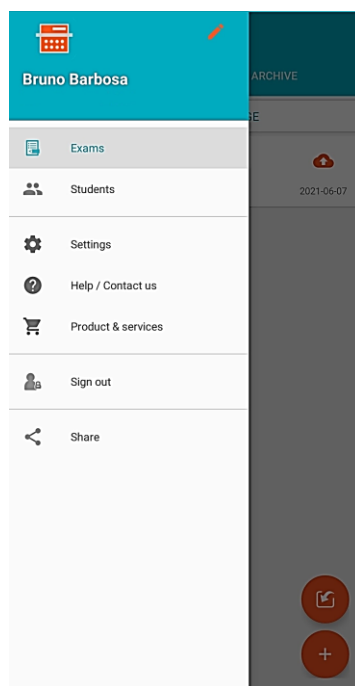
Os controles e os modelos de saída ou medição também podem ser inseridos pelo menu na área de trabalho. Existem vários tipos de controles para os modelos como controle deslizante, botão de ação, caixa de checagem e outros.

O *Molecular Workbench* é um simulador com uma infinidade de opções e configurações, bastante completo e complexo. Possui uma vasta aplicação, é aconselhável navegar pelo manual do simulador para familiarizar com os comandos e configurações, assim como nos modelos prontos.

3.2 – SOFTWARE PARA OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Ao aplicar qualquer teste objetivo com alternativas para assinalar o professor se depara com a necessidade de criar um mecanismo para adquirir as respostas dos alunos, que pode ser de forma manual ou automatizada. Na forma manual o professor corrige cada teste de forma individual e atribui a sua pontuação, isso demanda muito tempo e trabalho, o que pode ser inviável em algumas situações quando o professor possui um grande número de turmas. Uma forma de otimizar a aquisição de respostas dos alunos é a automatização do processo ou parte dele. Nos dias atuais é possível utilizar um computador para esse fim ou até mesmo um *smartphone*. Existem várias soluções, *softwares*, para esse fim, alguns de licença gratuita e outros de licença proprietária com custos para uso. Dentre os aplicativos destaca-se o *EvalBee* (LABS, 2021) que é gratuito e de fácil manipulação.

Figura 32 – Tela inicial do aplicativo EvalBee.

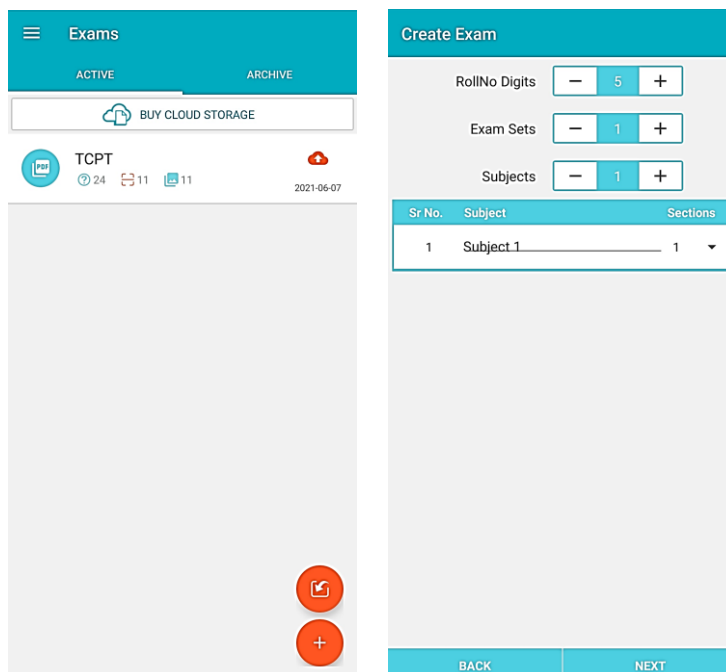


Fonte: Próprio Autor

No aplicativo *EvalBee* a seção *Exams* é o local onde é possível criar um cartão resposta de forma personalizada, para correção de testes objetivos. Na opção adicionar é iniciado o processo de criação, primeiramente deve ser escolhido o número de dígitos do número de registro, matrícula ou um número que possa identificar o aluno. Depois deve

ser escolhido se o teste possui tipos diferentes itens e sendo possível separá-los no teste por assuntos se for necessário.

Figura 33 – Seção Exams no aplicativo. A esquerda é a tela para inserir novo teste, a direita é a tela de criação do teste.



Fonte: Próprio Autor

Avançando, após a escolha da quantidade de seções do cartão resposta, cada seção pode ter uma quantidade e tipo de alternativas diferentes, também é possível atribuir a pontuação para cada alternativa correta, assim como descontar uma pontuação para cada alternativa incorreta. Também há a possibilidade de atribuir a pontuação para a marcação parcial em que o aluno pode marcar a alternativa errada e a correta, em que a correta será corrigida e a errada não será levada em consideração.

Figura 34 – Tela de adição de itens do teste, mudança no número de alternativas e pontuação.

Subject 1	
Section 1	
Number of Question :	8
Question Type :	5 option
Marks for correct :	1.0
Marks for incorrect :	0.0
Allow partial marks :	☐ ?
Allow optional attempts	☐ ?

BACK
NEXT

Fonte: Próprio Autor

Na próxima tela já é possível visualizar o cartão resposta, nessa parte é possível modificar o *layout*, colocando informações sobre o teste, editando os campos para adicionar o nome do aluno, nome da escola ou informações pertinentes. Após a conclusão desses ajustes é a hora de salvar o cartão resposta na opção *Save*. Depois de salvo o cartão resposta do teste ficará disponível em *Exams*, onde é possível alterar ou adicionar a chave de correção (*Key*).

Figura 35 – A esquerda é a tela de edição do layout do cartão resposta. A direita é a chave de correção do cartão.

Layout: Continuous

Labels: Default

Header: Default

CREATE CUSTOM ANSWER SHEET

NAME:

EXAM:

DATE:

Roll No:

1 0 0 0 0 0

2 0 0 0 0 0

3 0 0 0 0 0

4 0 0 0 0 0

5 0 0 0 0 0

6 0 0 0 0 0

7 0 0 0 0 0

8 0 0 0 0 0

9 0 0 0 0 0

10 0 0 0 0 0

11 0 0 0 0 0

12 0 0 0 0 0

Subject 1

Section 1

A B C D E

1 0 0 0 0

Set Answers

1 A B C D E

2 A B C D E

3 A B C D E

4 A B C D E

5 A B C D E

6 A B C D E

7 A B C D E

8 A B C D E

9 A B C D E

10 A B C D E

11 A B C D E

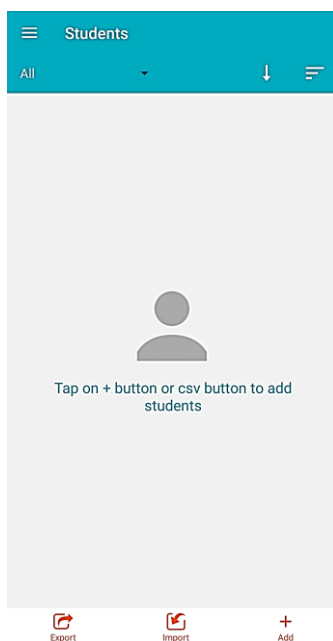
12 A B C D E

Back
Save
Clear
Import key
Scan Key
Save

Fonte: Próprio Autor

Na seção *Students* é possível adicionar uma lista de alunos e identifica-los por número de registro ou matrícula, também é possível importar uma lista de um arquivo no formato *cvs* ou exportar uma lista dos alunos, conforme a Figura 36.

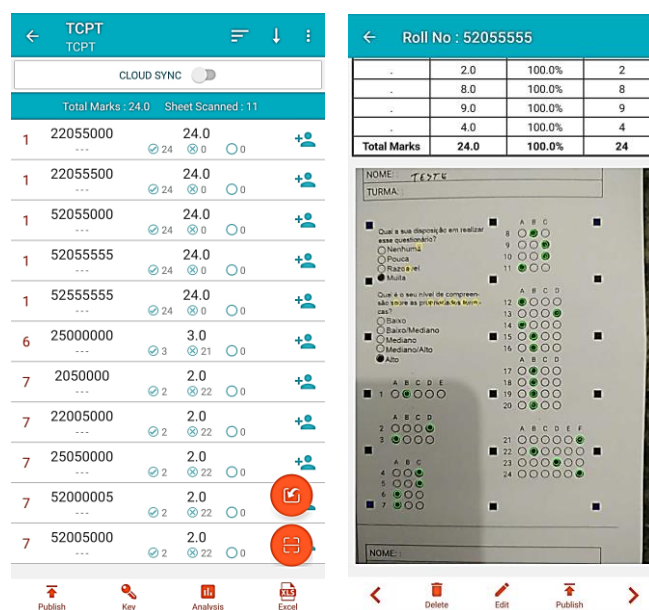
Figura 36 – Seção Students. As opções de criar, importar e exportar alunos estão nos botões na parte inferior.



Fonte: Próprio Autor

Para iniciar a correção de um cartão resposta, já impresso e preenchido pelo aluno respondente, basta iniciar a captura no botão de captura [--]. A correção ocorre de forma automática, bastando o usuário do aplicativo mirar as marcações do cartão resposta nas respectivas posições na câmera do *smartfone*. Conforme a correção ocorre o aplicativo lista os alunos com suas respostas e caso um aluno não esteja na lista ele poderá ser adicionado nesse momento a opção adicionar aluno.

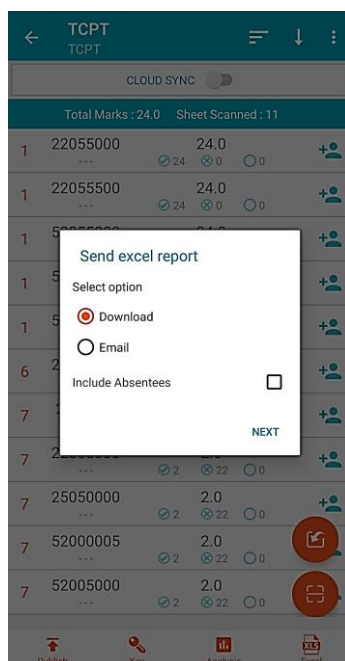
Figura 37 – A esquerda a tela para a captura e correção do cartão resposta, com a lista de cartões corrigidos. A direita a tela de uma correção.



Fonte: Próprio Autor

Após a correção é possível exportar todos os resultados para um arquivo no formato *xls* em planilha, que pode ser editado em vários *softwares*.

Figura 38 – Tela de captura das respostas com a opção exportar ativada. É possível salvar o arquivo *xls* no smartphone ou enviar por e-mail



Fonte: Próprio Autor

Com as informações das correções coletadas e colocadas na planilha a manipulação fica muito mais fácil. Com essa base de dados é possível realizar diversas análises, desde uma simples porcentagem de acertos até análises mais complexas. Com o uso de um editor de planilhas é possível manipular os dados obtidos em um programa editor, Figura 39.

Figura 39 – Programa editor de planilha, MS Excel

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	Q.1 Option	Q.1 Key	Q.1 Marks	Q.2 Option	Q.2 Key	Q.2 Marks	Q.3 Option	Q.3 Key	Q.3 Marks	Q.4 Option	Q.4 Key	Q.4 Marks	Q.5 Option	Q.5 Key	Q.5 Marks
2	B	B	1.0	D	D	1.0	A	A	1.0	C	C	1.0	C	C	1.0
3	B	B	1.0	D	D	1.0	A	A	1.0	C	C	1.0	C	C	1.0
4	B	B	1.0	D	D	1.0	A	A	1.0	C	C	1.0	C	C	1.0
5	B	B	1.0	D	D	1.0	A	A	1.0	C	C	1.0	C	C	1.0
6	B	B	1.0	D	D	1.0	A	A	1.0	C	C	1.0	C	C	1.0
7	D	B	0.0	C	D	0.0	C	A	0.0	B	C	0.0	A	C	0.0
8	B, E	B	0.0	B	D	0.0	D	A	0.0	A	C	0.0	B	C	0.0
9	B, E	B	0.0	B	D	0.0	D	A	0.0	A	C	0.0	B	C	0.0
10	B, E	B	0.0	B	D	0.0	D	A	0.0	A	C	0.0	B	C	0.0
11	B, E	B	0.0	B	D	0.0	D	A	0.0	A	C	0.0	B	C	0.0
12	B, E	B	0.0	B	D	0.0	D	A	0.0	A	C	0.0	B	C	0.0
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Fonte: Próprio Autor

O aplicativo *EvalBee* é um grande facilitador na aquisição de dados e pode ser utilizado por qualquer professor, de qualquer área que deseje realizar um teste objetivo.

4 – OS TESTES CONCEITUAIS

Uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) possui vários elementos, entre eles estão as formas de verificar a aprendizagem. As avaliações ou testes devem ser formativos, afim de verificar se os alunos estão aprendendo os conceitos, termos ou noções científicas. Para este fim nos subtópicos a seguir são apresentados dois instrumentos para verificar a aprendizagem, os dois explorando os conceitos físicos.

Por primeiro o Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas que está disponível no Anexo 1, que é um teste objetivo compilado de vários outros. Logo em seguida o Teste Pictórico sobre as Fases da Matéria e suas Mudanças que traz o desenho como forma de verificar a aprendizagem que está disponível no Apêndice 1.

4.1 – TESTE SOBRE A COMPREENSÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS - TCPT

O teste é uma composição de outros testes conceituais já aplicados em outros trabalhos, também possui uma questão de um livro didático. Esse teste tem como objetivo mapear os conceitos sobre as propriedades térmicas, ou seja, mapear os subsunçores e nortear quais habilidades e competências são mais deficientes. A opção de compor o Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas (TCPT) de outros testes já existentes atribui maior credibilidade, visto que já possuem pesquisas relevantes.

O TCPT possui 24 questões ou itens numerados de 1 a 24. Quando é identificado pelo item foi atribuído a letra Q, indo de Q1 a Q24. A composição está disposta na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição do Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas (TCPT)

Nome do teste ou livro	Número do item
Thermodynamic Concept Survey - TCS	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 12
Thermal Concept Evaluation - TCE	1, 14, 15, 16, 17, 18 e 19
Heat and Temperature Conceptual Evaluation - HTCE	13, 21, 22, 23 e 24
Bonjorno, José R. Física: terminologia, óptica e ondulatória	20
Barbosa, José Bruno S.	9, 10 e 11

Fonte: Próprio Autor

Os testes conceituais estão disponíveis em *PhysPort (Supporting Physics Teaching With Research-Based Resources)* desenvolvido pela Associação Americana de Professores de Física (AAPT⁸), disponível para qualquer pesquisador da área em www.physport.org os demais itens foram retirados de um livro didático e de autoria própria.

O teste *Thermodynamic Concept Survey – TCS* foi primeiramente desenvolvido por Pornrat Wattanakasiwich, Preeda Taleab, Manjula Devi Sharma, e Ian D. Johnston com os resultados publicados no *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* em 2013 (WATTANAKASIWICH et al., 2013). O *TCE - Thermal Concept Evaluation* é um teste desenvolvido por Shelley Yeo e Marjan Zadnik com os seus resultados publicado em *The Physics Teacher* em 2001 (YEO; ZADNIK, 2001), também com outros resultados publicado no *International Journal of Science Education* em 2012 (CHU et al., 2012) e explorado profundamente na tese de doutorado de Braga (2018). Já o teste *Heat and Temperature Conceptual Evaluation – HTCE* foi

⁸ American Association of Physics Teachers. Disponível em <https://www.aapt.org/>

desenvolvido por Ron Thornton e David Sokoloff tendo os seus resultados publicado em *Australian Institute of Physics 17th National Congress* em 2006 (TANAHOUNG et al., 2006). O livro do autor Bonjorno (2016) é habitualmente utilizado pela rede estadual de educação, fazendo parte do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2018. Os itens de própria autoria exploram, como os outros, os conceitos térmicos, sendo elaborados com ênfase na mudança de fase da matéria entre o estado sólido e o gasoso, uma lacuna que estava presente nos outros testes.

Para efetuar uma análise mais criteriosa do teste é necessário estabelecer as concepções conceituais de cada item. As concepções estão listadas na Tabela 4 e é possível observar que o teste engloba diversos conceitos, e um item pode estar contido em mais de um conceito.

Tabela 4 – Concepções dos itens do Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas (TCPT)

Concepção	Número do item
Calor e Temperatura	1, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, e 19
Condutividade Térmica	1, 2, 3, 9, 13 e 16
Calor Específico	2, 3 e 9
Equilíbrio Térmico	1, 14 e 20
Pressão	4, 5, 7 e 12
Volume	8 e 20
Calor Latente	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24

Fonte: Próprio Autor

A aplicação do teste pode ser realizada em sala de aula ou remotamente (*online*). Quando aplicado em sala é aconselhado ser impresso e com cartão resposta (ver Apêndice 1) para facilitar a correção. O processo de correção do cartão resposta pode ser otimizado com o uso de um *software* de correção, o aconselhado é o *EvalBee* (LABS, 2021) que possui a facilidade na organização e geração do cartão resposta.

4.2 – TESTE PICTÓRICO SOBRE AS FASES DA MATÉRIA E SUAS MUDANÇAS

O teste pictórico foi construído com o propósito de perceber qualitativamente como o aluno externaliza as suas ideias, sua visão a respeito da estrutura molecular dos materiais. O tipo de modelo mental que possui uma maior expectativa como respostas é o dinâmico, em que deve existir uma relação entre as imagens apresentadas. O aluno

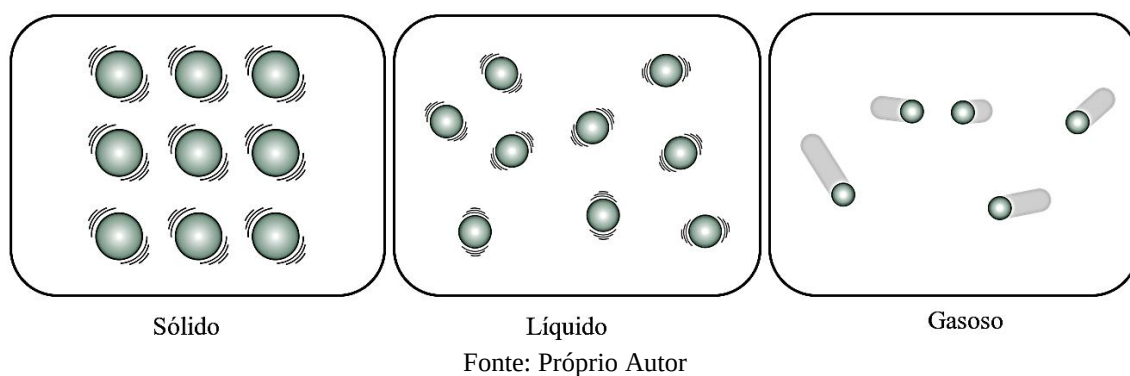
tenderá a adicionar movimento as moléculas, representando uma mudança, uma continuidade.

O teste está dividido em duas partes: a primeira com ênfase nos estados físicos da matéria e a segunda parte com ênfase na mudança de fase da matéria, e cada parte possui dois itens. O teste está disponível para aplicação no Apêndice 2, sendo descrito a seguir.

4.2.1 – Primeira Parte

O item A do teste solicita que o aluno represente as moléculas de água, na forma de um desenho, nos três estados físicos da matéria. O desenho deve representar as moléculas de água. A Figura 40 representa a expectativa de resposta.

Figura 40 – Expectativa de resposta do item A na primeira parte

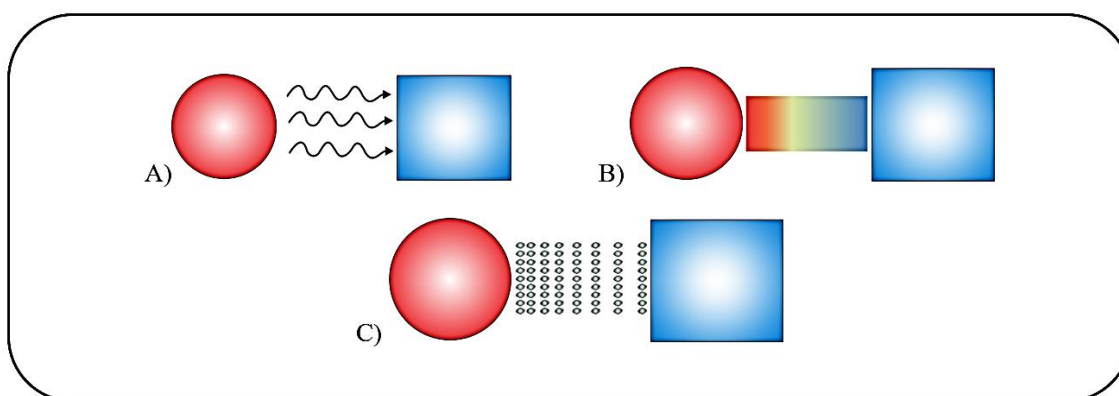


Para o estado sólido é esperado que o aluno represente as moléculas por esferas ou bolas e que as distâncias entre elas sejam pequenas. Também é esperado que o aluno represente a pequena vibração molecular de alguma forma.

Para o líquido o desenho esperado é com um maior distanciamento entre as moléculas e uma representação de movimentação. Também é esperado que o distanciamento não seja regular, o que deve mostrar uma mudança da posição das moléculas. No estado gasoso o desenho esperado deve conter as moléculas mais espaçadas do que nos líquidos e de forma irregular, também deve conter uma identificação do aumento de velocidade de translação das moléculas.

O item B do teste solicita que o aluno represente, na forma de um desenho, o calor entre dois corpos. A Figura 41 mostra a expectativa do desenho que o aluno deve fazer.

Figura 41 – Expectativa de resposta do item B na primeira parte



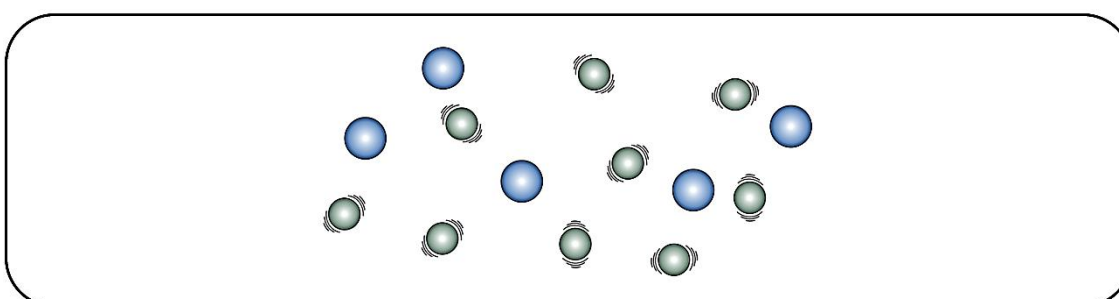
Fonte: Próprio Autor

Para a representação do calor é esperado que o aluno represente por setas retas ou onduladas, podendo fazer uma relação às ondas (A). Também pode representar por uma forma contínua (B), de tal forma que represente o quente por uma cor mais intensa e o frio por uma cor mais clara. Outra representação pode ser por meio de partículas, o aluno pode representar o aquecimento das moléculas de ar ao redor do objeto quente e essas moléculas levam a energia térmica para o objeto frio (C). Quanto à forma dos corpos e a identificação fica a critério do aluno, talvez ele os identifique com números, letras ou indique o quente e o frio.

4.2.2 – Segunda Parte

No primeiro item é pedido o desenho da mistura de água no estado líquido e cloreto de sódio, o sal de cozinha.

Figura 42 – Expectativa de resposta do item A na segunda parte

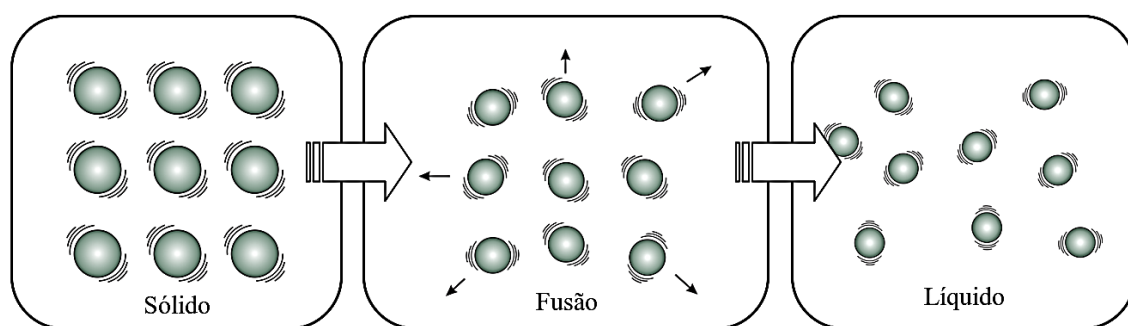


Fonte: Próprio Autor

Para esse desenho é esperado que o aluno represente a mistura de duas substâncias com esferas maiores e menores, sem esquecer do maior espaçamento entre elas, com uma certa desordem. Ele também pode desenhar a água e o cloreto de sódio como um grupo de átomos diferentes, trazendo um modelo mais realista.

Para o segundo item a representação deve ser um pouco mais elaborada. O aluno deve representar os estados físicos iniciais e finais, desenhando também o processo de mudança de fase. É esperado que o aluno indique a mudança de fase de alguma forma, usando algum desenho que indique o afastamento molecular, o desenho provável para esse fim é o uso de setas indicativas.

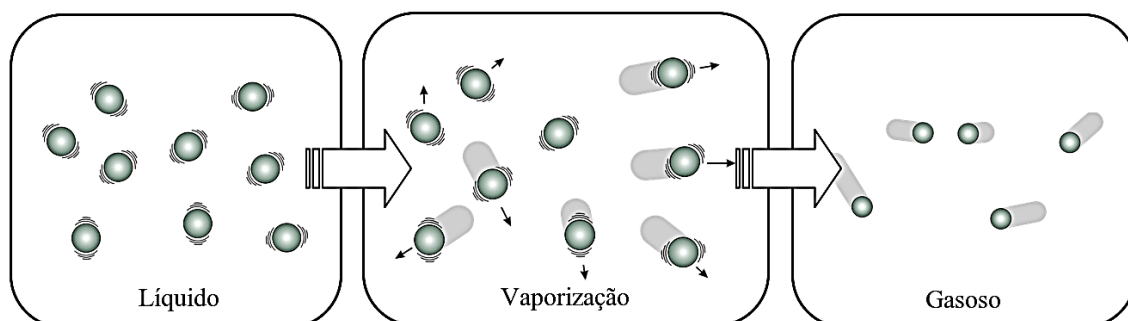
Figura 43 – Expectativa de resposta do item B na segunda parte. Sólido, fusão e líquido



Fonte: Próprio Autor

É esperado que o aluno diferencie os estados físicos pelo distanciamento das moléculas, que ele perceba que a mudança de fase modifica o distanciamento molecular.

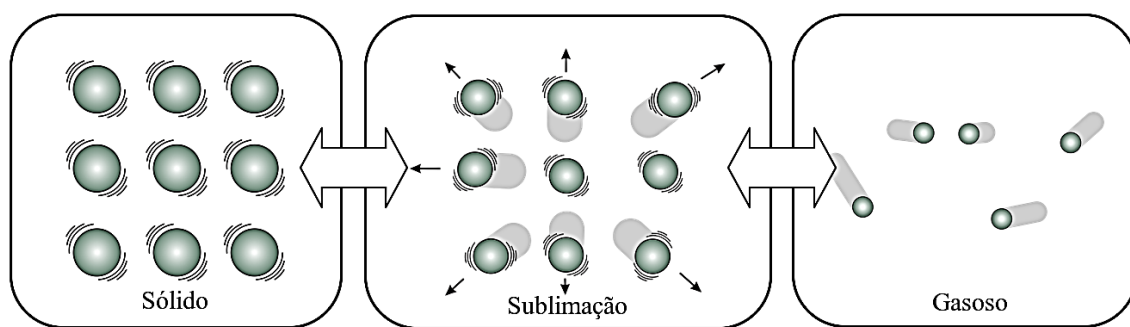
Figura 44 – Expectativa de resposta do item B na segunda parte. Líquido, vaporização e gás



Fonte: Próprio Autor

Também é esperado que o aluno desenhe as moléculas com velocidade com o recurso de sombra.

Figura 45 – Expectativa de resposta do item B na segunda parte. Sólido, sublimação e gás



Fonte: Próprio Autor

Todos os desenhos mostrados nas figuras são expectativas, é o que se espera que os alunos desenhem. É claro que surgirão diversos desenhos, com formas diferentes e representações diferentes, cabe ao professor avaliar as semelhanças e diferenças com as expectativas.

5 – APLICAÇÃO DA SEI

A SEI é estruturada em aulas para poder ser adequada a atual estrutura nos sistemas de ensino. Para poder ser realizada é imprescindível o uso de alguns recursos em sala como um projetor, um computador e uma caixa de som, além daqueles que já são corriqueiros na sala de aula. Também pode ser realizada através de videoconferência, nesse caso o ambiente deixa de ser a sala de aula real e passa a ser virtual, deixando de necessitar os recursos alguns recursos da sala presencial. Hoje em dia não é difícil criar ambientes de salas virtuais existem vários serviços online para esse fim. As aulas da SEI são direcionadas preferencialmente para alunos do segundo ano do ensino médio, podendo também ser aplicada no terceiro ano do ensino médio como forma de revisão dos conceitos. A seguir as aulas da SEI serão descritas, apresentando os objetivos, os conteúdos abordados e os recursos didáticos utilizados, e como devem ser utilizados em cada aula.

O conteúdo de Física abordado na SEI está de acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC)⁹ dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

⁹ É um 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, 2018) e as áreas estão organizadas em competências e habilidades. O Quadro 2 mostra a qual competência e habilidade da BNCC é contemplada em cada aula.

Quadro 2 – Competências específicas e habilidades contempladas na BNCC em cada Aula

Competência específica	Habilidade	Aula
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e 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 global.	(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	1, 2, 3, 4 e 6
	(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.	1, 2, 3 e 4
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	3 e 5
	(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.	2, 4 e 6

5.1 – AULA 1

Essa é a primeira aula da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) e deve estar situada após a apresentação e debate do conteúdo de Termometria em que foi tratado sobre a medição de temperatura, e é esperado que o aluno saiba identificar as escalas de medidas de temperatura, conseguindo convertê-las. Conheça também o instrumento de medida, o termômetro. O aluno também já deve conhecer os estados da matéria, uma vez que é visto formalmente no ensino fundamental e também pode ser aprendido na sua vida cotidiana.

Agora, o professor deve apresentar uma introdução a Termodinâmica de modo geral trazendo as leis de forma sucinta. A abordagem sobre a Termodinâmica é apenas a nível de energia, ou seja, a conservação de energia e as trocas de energia. E como essas trocas interferem no aquecimento dos materiais e na mudança de fase. Como as Leis são mais gerais, o assunto abordado parte do mais geral e inclusivo para o mais específico que são o aquecimento e a mudança de fase. O professor deve promover a participação do aluno na aula, fazendo perguntas e esperando as suas respostas para avançar nos passos da aula.

Tema:

- Introdução à Termodinâmica e os estados da matéria.

Objetivos:

- Identificar as formas de energias, principalmente a energia térmica;
- Conhecer as leis da Termodinâmica;
- Compreender o movimento molecular;
- Identificar os estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) e as suas mudanças;
- Organizar os conceitos físicos para as próximas aulas.

Recursos:

- Computador;
- Software leitor de slides;
- Quadro branco e marcador;
- Caixa de som;
- Projetor;
- Vídeo;
- Papel com atividade impressa.

Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:

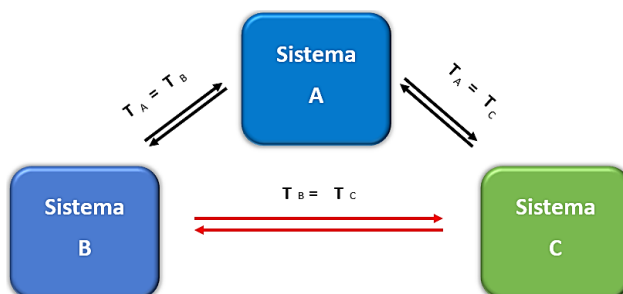
Passo 1:

Inicialmente deve ser apresentado por meio de um slide¹⁰ o nome do tema Termodinâmica e a partir comece a associar o termo *Termo* com temperatura e calor e o termo *dinâmica* com movimento. Nesse ponto é importante citar o contexto histórico da Termodinâmica, principalmente entre o final do século XVIII e início do século XIX, relacionando com a revolução industrial. Entre os inúmeros pesquisadores da época destacam-se Sadi Carnot, Lord Kelvin e James Joule.

Passo 2:

Apresente a Lei zero da Termodinâmica com o enunciado: ***Dois sistemas que estejam em equilíbrio térmico com um terceiro estarão também em equilíbrio térmico um com o outro.***

Agora, com o uso da imagem, comente o conceito de equilíbrio térmico. A imagem pode ser usada para estimular o aluno a perceber o equilíbrio entre o Sistema B e C, uma vez que o professor pode levar o aluno a perceber esse equilíbrio, e para isso pode ser utilizado objetos disponíveis em sala de aula para exemplificar.



Como exemplo o professor pode usar com um caso do cotidiano, por exemplo, a água sendo aquecida em um recipiente contendo um termômetro. A água está a mesma temperatura do recipiente e do termômetro, logo o recipiente está com a mesma temperatura do termômetro.

¹⁰ Endereço eletrônico disponível no Apêndice 2 para adquirir o arquivo da apresentação.



Fonte: Romanzoti (2011)

Passo 3:

Nesse passo apresente a Primeira lei da Termodinâmica: ***A variação líquida na energia total de um sistema durante um processo é igual à diferença entre a energia total recebida e a energia total rejeitada pelo sistema termodinâmico durante um processo.***



Deve-se comentar que a energia de entrada é na forma de *calor* e a energia de saída é o *trabalho*. A mudança de energia é a *energia interna* e pode ser mostrada a formulação matemática: $\Delta U = Q - \tau$. Como exemplo da primeira lei pode ser usada a máquina de Heron (considerada a primeira máquina a vapor). Dessa forma é possível mostrar que a entrada de energia (calor) é promovida pelo fogo, a mudança de energia ocorre na água e a energia de saída provoca o movimento na esfera de metal (trabalho).

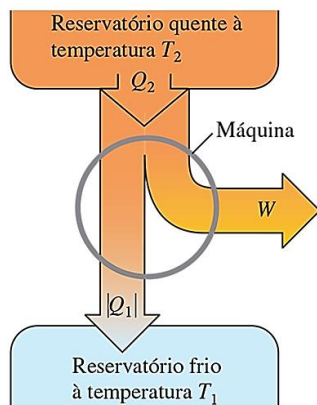


Fonte: Luz, Álvares e Guimarães (2016)

Passo 4:

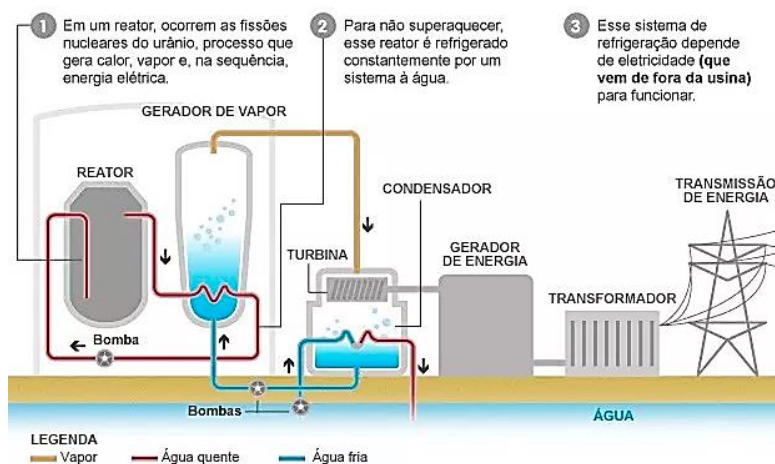
Segunda lei da Termodinâmica:

É impossível construir um dispositivo que funcione em um ciclo e não produza qualquer outro efeito que não seja a transferência de calor de um corpo com temperatura mais baixa para um corpo com temperatura mais alta.



Fonte: Young e Freedman (2016)

É possível relacionar a máquina térmica com o motor a combustão interna usado nos automóveis. Em quem Q_2 é a energia produzida na combustão, W é o trabalho produzido, ou seja, o que leva o automóvel ao movimento e Q_1 é a energia dissipada. O professor também pode associar a representação da imagem com uma máquina a vapor ou uma usina nuclear, podendo exemplificar o seu uso para a geração de energia elétrica.



Fonte: Weg (2019)

Passo 5:

Nessa parte é a hora de apresentar o vídeo para relacionar a Termodinâmica com o movimento molecular. O vídeo é de um programa de TV chamado *O Mundo de*

Beakman, possuindo 5 minutos de exibição. O vídeo está disponível no link <https://youtu.be/PrmpY6eGrw>. Compreende a uma compilação do episódio 16 da primeira temporada. O vídeo relaciona a Termodinâmica com o movimento molecular de forma lúdica, com o uso de pequenos carrinhos para representar as moléculas. Claro que os alunos irão perceber a relação, ficando a cargo do professor reforçar essa relação entre a temperatura e a movimentação molecular. O vídeo também relaciona o equilíbrio térmico ao movimento molecular. Deve ficar claro ao aluno que os objetos ao seu redor, na sala de aula, são feitos de moléculas e que elas possuem um movimento interno.

Passo 6:

Apresente os estados da matéria mais conhecidos sólido, líquido e gasoso. Com o uso de figuras em um slide. A substância escolhida deve ser a água (pura), sendo a substância mais comum e fácil de ser encontrada nos três estados. Primeiro deve ser comentado que a água pode ser aquecida, ou seja, pode receber energia sem mudar de estado. Depois apresente as mudanças de estado relacionando a energia utilizada para a mudança de fase. Lembrando que a substância água possui uma irregularidade quando solidifica. Fale sobre cada mudança de estado dando ênfase a mudança de volume ocupado, fale também sobre os tipos de vaporização.



Avaliação:

Para avaliar essa primeira aula use o Teste do tipo pictórico (Apêndice 1) com quatro itens em que o aluno deve desenhar segundo a sua perspectiva sobre os estados da matéria a nível molecular. O teste também pede uma representação do calor e de uma mistura de substâncias. Para esse teste é esperado que o aluno represente as moléculas das substâncias por pequenas esferas, fazendo uma distinção entre as substâncias pelo tamanho ou por quantidade, agrupando esferas para representar uma molécula. Outro fato

esperado é que o aluno consiga desenhar as moléculas com distâncias distintas entre os estados físicos. Os resultados nessa atividade, nesse momento, são expectativas uma vez que os alunos ainda não estão familiarizados com o aspecto molecular das substâncias.

Leitura Complementar:

SILVA, G. R. DA; ERROBIDART, N. C. G. Termodinâmica e Revolução industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, 27 jul. 2019. v. 19, p. 71–97.

5.2 – AULA 2

Essa aula está situada após a apresentação da Termodinâmica de modo simplificado, Aula 1, e também após a apresentação dos três estados físicos da matéria. Aula começa retomando as ideias sobre Termodinâmica, com o uso do simulador mostrando as diferentes formas de energia e as suas conversões. Em seguida, na apresentação em slide (Apêndice 2), deverá ser retomado a mudança de fase, agora mostrando mais estados da matéria. E finalmente, com usos dos simuladores, introduzir os conceitos de calor específico e calor latente.

O aluno deve possuir previamente os conceitos de calor, energia térmica e estados da matéria, conceitos explorados anteriormente devem ser reforçados nessa aula. O professor deve promover o debate entre os alunos, fazendo perguntas durante a aula e registrando em uma ficha de respostas. Os simuladores usados devem criar um ambiente motivador em sala, saindo do convencional, tornado o conteúdo mais significativo e aproximando com o cotidiano.

Tema:

- Calorimetria e mudança de fase da matéria.

Objetivos:

- Identificar algumas formas de energia e suas conversões, e como se relacionam com as leis de Termodinâmica;
- Identificar os estados da matéria, condensado de Bose-Einstein, Sólido, Líquido, Gasoso e Plasma;
- Conhecer a propriedade Calor específico dos materiais;
- Conhecer as mudanças de fase da matéria;
- Conhecer a propriedade Calor Latente;
- Identificar a distribuição molecular nos três estados.

Recursos:

- Computador;
- Software leitor de slides;
- Projetor;
- Quadro branco e marcador;
- Papel com atividade impressa;
- Software *Formas de Energia e Transformações*;
- Software *Estados da Matéria*.

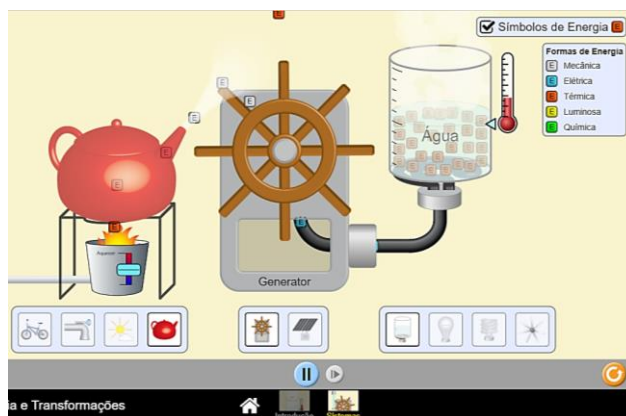
Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:**Passo 1:**

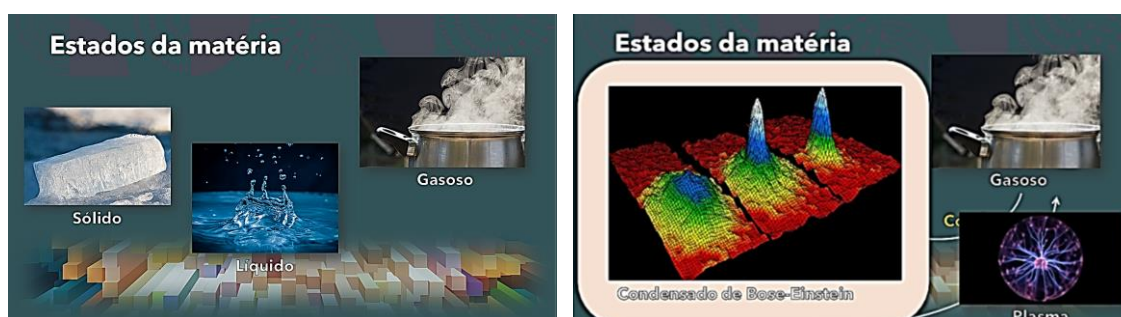
O professor deve iniciar a aula com a distribuição da ficha de atividade individual (Apêndice 3) que contém as perguntas realizadas durante a aula. Logo após deve iniciar a apresentação do slide com o título da aula e dos questionamentos: **Porque os corpos aquecem de forma diferente? E porque mudam de fase?**

Em seguida apresente o simulador *Formas de Energia e Transformações* na parte de chamada sistemas e deve mostrar as formas de energia: Mecânica, Térmica, Elétrica, Luminosa e Química. No simulador é possível visualizar a conversão entre elas possibilitando relacionar com as leis da Termodinâmica. Nessa parte do simulador a energia que deve ter ênfase é a térmica. Com o simulador na configuração com o bule de com água saindo vapor como fonte de energia e o recipiente com água recebendo a energia, faça o aquecimento até a água ferver. Comente para os alunos sobre a energia que fez o aquecimento e a energia que fez a água ferver, diferenciando as duas.



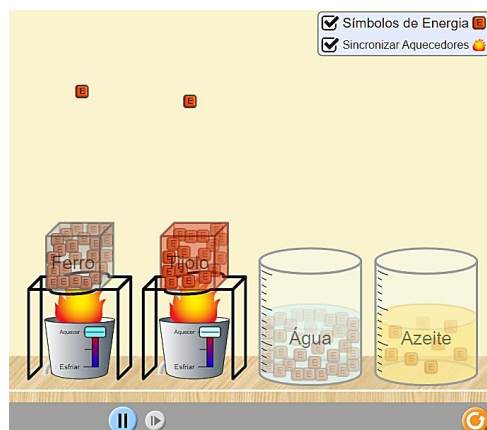
Passo 2:

Agora o professor deve voltar a explorar os estados físicos da matéria, os três mais conhecidos usando imagens em slides (Apêndice 2). Em seguida deve ser perguntado se existem outros estados da matéria. Após a pergunta e interação com os alunos, o professor deve dar continuidade apresentando mais dois estados o plasma e o condensado de Bose-Einstein.



Passo 3:

Usando o *software Formas de Energia e Transformações*, o professor deve simular o aquecimento de dois blocos, um de ferro e outro de tijolo mostrando o símbolo de energia [E]. Nessa ocasião deve ser feita uma atividade, perguntas, para interagir com a turma. A atividade consiste de apenas duas perguntas: *O que é temperatura?* e *o que é calor?* É uma atividade rápida feita na ficha de atividades e os alunos devem responder em até 5 minutos. Após as respostas dos alunos, o professor deve continuar com a simulação aquecendo os blocos e falando que a energia adicionada aos dois não é suficiente para provocar uma mudança de fase.



Ainda falando do aquecimento a simulação deve ser reiniciada para aquecer novamente os blocos para mostrar que eles acumulam quantidades de energia diferentes e isso deve levar a mais uma atividade com duas perguntas: “Qual dos dois blocos tem a temperatura mais baixa antes do aquecimento?” e “Houve mudança de temperatura?”.

Passo 4:

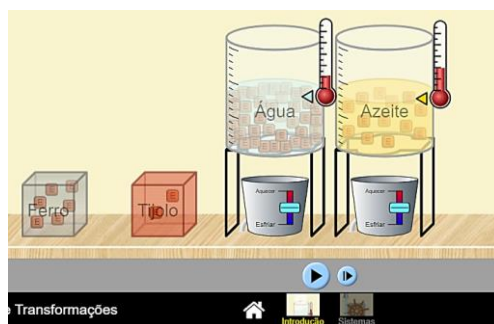
No simulador *Formas de Energia e Transformações* deverá ser colocado a substância água (líquida) e o azeite para iniciar o aquecimento simultâneo e mostrar por meio do termômetro que as temperaturas diferem após o aquecimento. Em seguida a simulação deverá ser reiniciada para fazer a seguinte interação:

1 – Admita que as substâncias possuem a mesma quantidade de massa. É possível ver na simulação que é possível fazer essa estimativa pois os dois líquidos nos recipientes estão no mesmo nível;

2 – Aqueça as substâncias água e azeite de forma simultânea e conte a quantidade adicionada de E no recipiente do azeite até a marcação de temperatura igual a 4. Como as fontes são sincronizadas elas fornecem a mesma quantidade de energia aos recipientes que totalizam $5E$ para os dois;

3 – Pause a simulação e verifique as medidas nos termômetros, os dois recipientes começam com medida no termômetro na marcação em 1, o azeite varia 3 unidades de temperatura e a água varia 1. Comente na aula essa diferença, esperando que o aluno perceba que essa diferença se dá por que as substâncias são diferentes;

4 – E por se tratar de substâncias diferentes o aquecimento é diferente, e nesse caso existe uma propriedade térmica que faz essa diferenciação que é o calor específico;



5 – Usando a apresentação em slide mostre a formulação matemática que relaciona os conceitos e ao problema apresentada no simulador, $Q = mc\Delta T$;

6 – Adotando as massas iguais a 1 e as medidas de calor e variação de temperatura no simulador, realize os cálculos para cada substância, chegando aos valores $c = 5$ para a água e $c = 1,6$ para o azeite. Mesmo sendo uma estimativa, a propriedade térmica calor específico é diferente para as substâncias.

Passo 5:

Nesse passo o professor deverá reiniciar a simulação colocando o recipiente com água líquida para ser aquecido até o máximo possível (marcação 4 no termômetro). Nesse momento será possível visualizar a mudança de fase da água líquida para o estado gasoso. O professor deve instigar o aluno a pensar: Se o recipiente contendo água continua recebendo energia da fonte, porque a temperatura parou de subir, o que está acontecendo.



A visualização pode ajudar os alunos a concluir que a temperatura parou de subir por conta da mudança de fase.

Agora o professor pode afirmar ao aluno que a temperatura estável mesmo com a adição de energia ao recipiente é consequência da mudança de fase, sendo uma característica para substâncias puras.

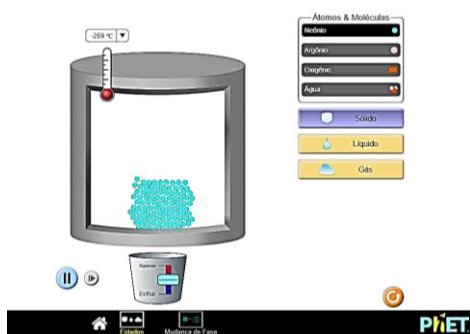
Passo 6:

Nessa última etapa da aula busca-se mostrar as fases da matéria a nível molecular com o simulador *Estados da Matéria*. Com ele é possível visualizar o comportamento molecular de algumas substâncias nos três estados físicos da matéria. Além de escolher a substância, o software permite a modificação das variáveis de estado, temperatura, volume e pressão.

Antes de iniciar a simulação aplique uma atividade com duas perguntas, usando a ficha de atividades:

- 1 – Como vocês acreditam que é o comportamento da molécula de água no estado sólido?
- 2 – O aumento de temperatura modifica a configuração da molécula de água?

Agora mostre o comportamento da substância Neônio nos três estados da matéria selecionando nos botões com as indicações de estado, comente o distanciamento molecular característico de cada estado.



Selecione o estado sólido e comece o aquecimento para ocorrer a mudança de fase, relacionando com o calor sensível e o latente. Para a substância água observe a solidificação irregular, comente o aumento de volume na fase de gelo.

No simulador, na parte Mudança de fase, pode-se modificar as variáveis pressão, volume e temperatura. Nessa parte deve ser mostrada na simulação a influência da pressão na mudança de fase.

Para finalizar esse último passo o professor deve perguntar novamente aos alunos: **Por que os corpos aquecem de forma diferente? E por que mudam de fase?** Espera-se que eles formulem as suas hipóteses e ajudando conforme o necessário.

Avaliação:

Atividade realizada durante a aula, as perguntas estão dentro dos Passos da aula. Deve ser realizada pelos alunos na ficha de atividade distribuída no início da aula.

Leitura complementar:

Quinto estado da matéria observado no espaço pela primeira vez – SoCientífica. [s.d.]. Disponível em: <<https://societifica.com.br/quinto-estado-da-materia-observado-no-espaco-pela-primeira-vez/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

PAIVA, A. *et al.* Estados estranhos da matéria: condensação de Bose-Einstein. **Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa**, 2010. Disponível em: <<http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo3/modulo2/topico1.php>>. Acesso em: 7 jul. 2020.

5.3 – AULA 3

Esta aula ocorre após a apresentação sobre a calorimetria e os estados da matéria. Agora há uma volta aos estados da matéria, mas com ênfase na perspectiva molecular. Com o uso do software *Molecular Workbench* é possível fazer uma apresentação no estilo slide com simulação integrada. Nessa aula é esperado que o aluno tenha adquirido o conhecimento sobre as fases da matéria, calor, calor sensível e calor latente. O professor deve conduzir a aula sempre perguntando, questionando e estimulando os alunos a responder e formular hipóteses das perguntas realizadas durante a aula.

Tema:

- Mudança de fase da matéria: Perspectiva molecular.

Objetivos:

- Identificar os estados da matéria e nível molecular, representativo;
- Conhecer as mudanças de fase da matéria na perspectiva molecular;
- Identificar o movimento molecular nos três estados;

Recursos:

- Computador;
- Software leitor de slides;
- Papel com atividade impressa;
- Projetor;
- Software Molecular Workbench.

Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:

Passo 1:

Inicie a aula distribuindo a ficha de respostas (Apêndice 4), onde os alunos responderão às perguntas feitas durante a aula. Em seguida apresente o slide iniciando o tema da aula e com o questionamento: **Como os materiais mudam de fase?** Estimule os alunos para responder essa pergunta e formular hipóteses.

Agora inicie o simulador Molecular Workbench selecionando Activity Center e escolhendo Phase Change. A página deve ser previamente traduzida e adaptada, o software permite essa edição. A tela de abertura possui um índice dos tópicos abordados, inicie pelo tópico introdução. Nesse tópico é explorado a mudança de fase do gelo no oceano ártico, fale sobre as geleiras e sobre o processo de derretimento, fale também sobre os icebergs.



Passo 2:

Agora avance para o tópico Gases explorando a simulação de dois modelos de gases. Use a função para marcar as moléculas da região central da simulação para visualizar a movimentação.



Ao final da simulação são realizadas duas perguntas que devem ser respondidas pelos alunos na ficha de respostas:

- 1 – Descreva o movimento dos átomos e moléculas dos gases;
- 2 – Como o comportamento e o arranjo das moléculas de gás são semelhantes e diferentes dos jogadores de futebol correndo em campo.

Agora avance para o tópico sobre os Líquidos e faça a simulação para os dois modelos de líquidos, lembrando de marcar as moléculas centrais para demonstrar o movimento dessas moléculas marcadas.



Ao final da simulação sobre os líquidos também tem duas perguntas que serão respondidas pelos alunos na ficha de respostas:

- 1 – Observe o movimento do átomo ou molécula que foram selecionados aleatoriamente. Descreva o movimento desse átomo/molécula em comparação com os átomos ao seu redor;
- 2 – Como o movimento das pessoas em um comício ao ar livre se parece com um líquido?

Agora mostre a simulação para o estado sólido de forma similar aos outros estados físicos da matéria.



Ao final da simulação tem três perguntas sobre o estado sólido:

1 – Como você descreveria o movimento e o arranjo dos átomos e moléculas em um sólido?

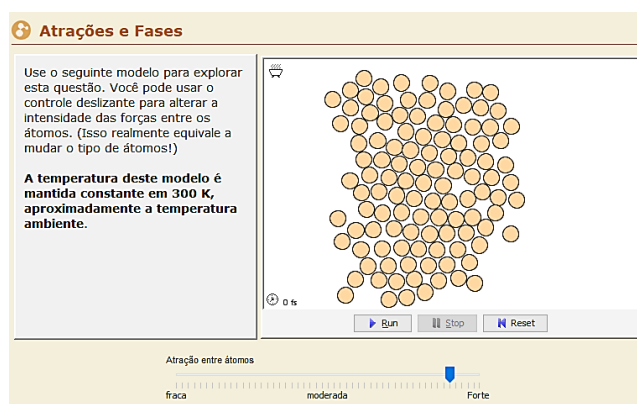
2 – As moléculas de gás estão tão distantes umas das outras que as atrações intermoleculares são bastante insignificantes no movimento térmico aleatório das partículas de gás. Descreva o papel das forças intermoleculares para sólidos e líquidos.

3 – Como o movimento dos átomos e moléculas em um sólido se assemelha às pessoas em uma sala de cinema?

Cada atividade nesse passo 2, no final de cada simulação, deve durar em média 5 minutos, totalizando 15 minutos de atividades.

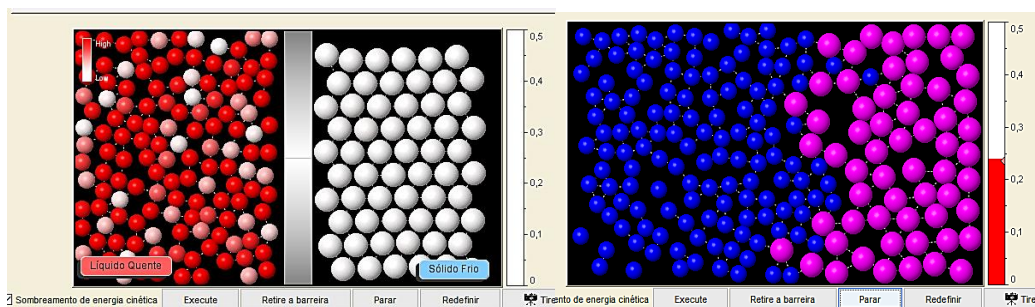
Passo 3:

Nessa parte da simulação o professor deve mostrar que as interações interatômicas são determinantes na fase da matéria, e que o enfraquecimento das interações provoca a mudança. Deve ser confrontado com o conceito de temperatura, uma vez que ela está relacionada com a agitação molecular.



Passo 4:

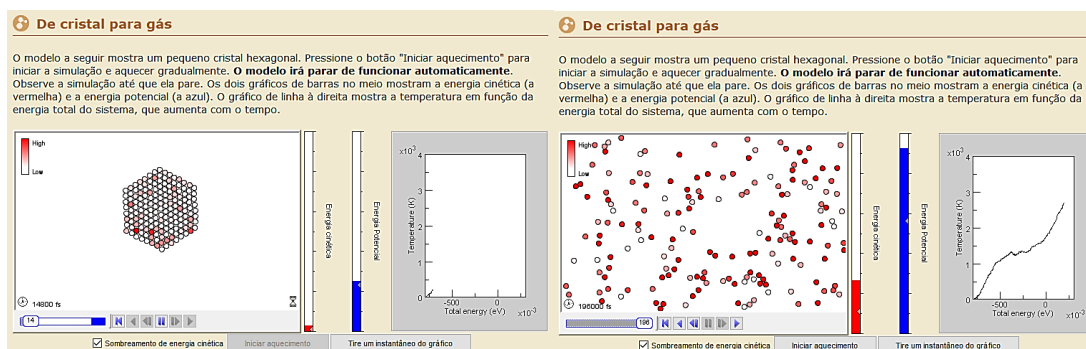
Nesse passo da aula deverá ser mostrado a mistura de duas substâncias, uma no estado líquido e quente e outra no estado sólido e fria. Antes de retirar a barreira entre as substâncias deve ser perguntado ao aluno o que poderá acontecer com as substâncias se a barreira for retirada.



Após a retirada da barreira comente para o aluno sobre a troca de energia entre as substâncias e que a substância sólida mudou de fase, pois as partículas acabam se misturando. Ao final da mistura deve ser feita a pergunta que deve ser respondida pelo aluno na ficha de respostas:

1 – O que você acha que causou o aumento da temperatura dos átomos maiores que estão originalmente na parte direita do modelo?

Avançando para o próximo tópico no simulador é possível simular o aquecimento de um cristal até a fase gasosa. Inicie a simulação no botão *iniciar aquecimento*, mostre aos alunos a curva de aquecimento e dê ênfase no que acontece com o cristal.

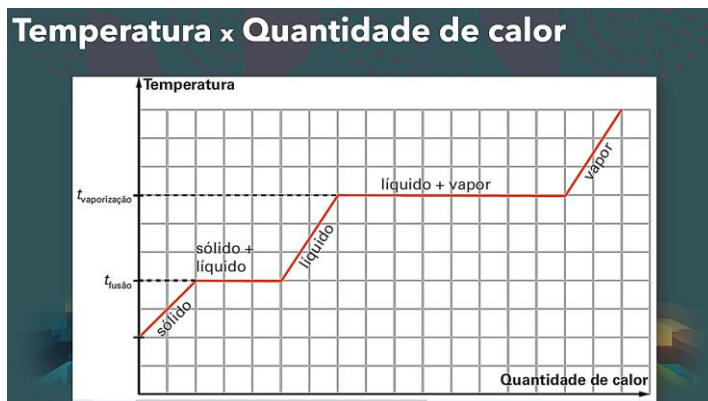


Agora o aluno deve responder a pergunta, na ficha:

1 – Descreva o que estava acontecendo no modelo quando a temperatura parou de subir (no meio da simulação). Descreva o estado das moléculas ao longo desse tempo.

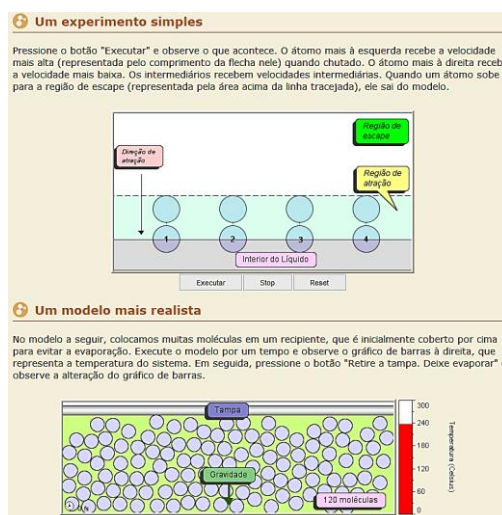
As duas perguntas do desse passo 4, respondidas na ficha de respostas, não devem demorar mais de 10 minutos.

Após a realização da atividade mostre a curva de aquecimento típica de substâncias puras e compare com a curva do simulador.



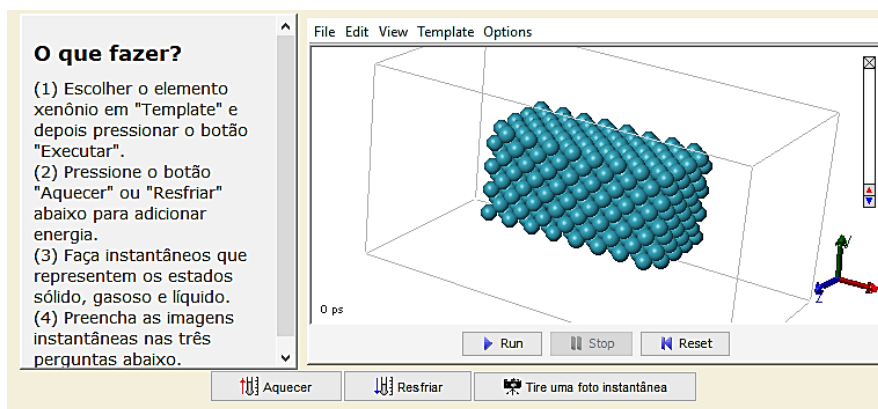
Passo 5:

Esse passo é para conhecer a evaporação, uma forma vaporização que ocorre a diversas temperaturas, algo que difere do que já foi falado. O simulador deverá mostrar o processo de evaporação.



Passo 6:

Agora retomando aos três estados da matéria. Essa simulação mostra a mudança de estado em uma simulação tridimensional. Após a escolha da substância basta iniciar a simulação e adicionar energia para visualizar as mudanças, deve ser escolhida a substância xenônio e depois poderá ser escolhida outra substância.



Agora refaça a pergunta inicial, **como os materiais mudam de fase?** Os alunos devem agora perceber a relação do distanciamento e movimento molecular com a mudança de fase.

Avaliação:

Atividade realizada durante a aula, as perguntas estão dentro dos Passos da aula. Deve ser realizada pelos alunos na ficha de respostas distribuída no início da aula.

Leitura complementar:

ENGINEERING, T. O que é calor na termodinâmica - definição. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-calor-na-termodinamica-definicao/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

5.4 – AULA 4

Esta aula ocorre após a aula sobre a mudança de fase da matéria com a perspectiva molecular. O professor deve focar essa aula na condutividade térmica e também no calor específico, uma vez que será tratado o aquecimento de materiais. O conceito de calor específico e calor já devem estar disponíveis para o aluno como conhecimento prévio, uma vez que já foram explorados em aulas anteriores.

Usando o software *Energy2D* é possível verificar o calor de forma contínua através do contraste de cores. Esse software simula o aquecimento de diversos materiais, bastando inserir suas propriedades térmicas nas configurações. Outro software utilizado, o *Molecular Workbench*, em que simula as trocas de energia a nível molecular.

Tema:

- Calor específico e Condutividade Térmica.

Objetivos:

- Diferenciar materiais de baixo e alto calor específico;
- Identificar o sentido do calor nos materiais;
- Diferenciar materiais de baixa e alta condutividade térmica;
- Perceber que a mudança de fase da matéria interfere na condutividade térmica.

Recursos:

- Computador;
- Software leitor de slides;
- Projetor;
- Quadro branco e marcador;
- Papel com atividade impressa;
- Software *Energy2D*;
- Software *Molecular Workbench*.

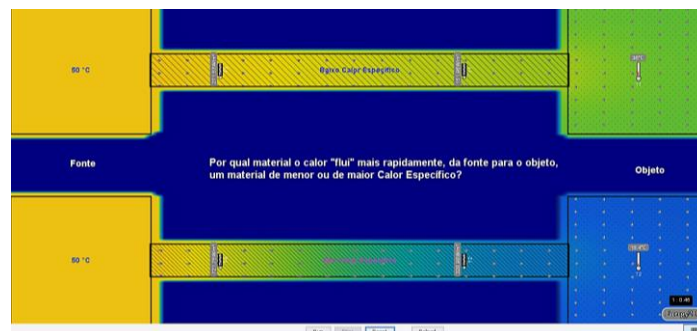
Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:**Passo 1:**

A aula deve iniciar com o slide de apresentação da aula e depois o seguinte questionamento: **Por que peças metálicas parecem mais "frias" à temperatura ambiente do que um pedaço de madeira ou plástico?** Estimule os alunos para responder essa pergunta e formular hipóteses.

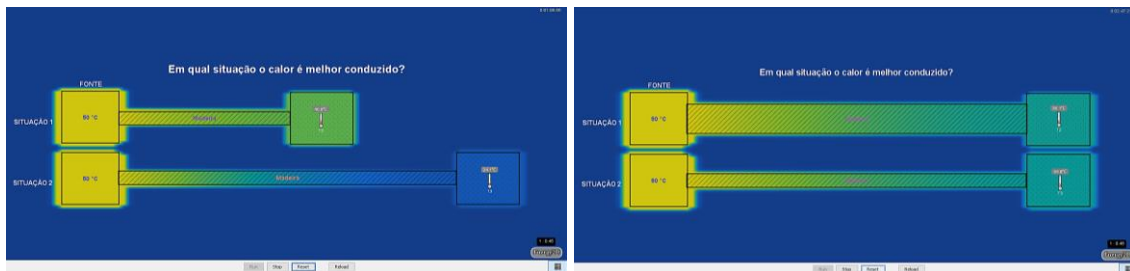
Com o software *Energy2D* a aula deve retomar do conceito de calor específico, usando a simulação. De forma a comparar o alto e o baixo calor específico de um material, o contraste de cores e os termômetros mostram o calor. A simulação utiliza uma fonte de energia, um material de teste e um sumidouro (local de destino do calor).



Passo 2:

Esse passo deve ser iniciado com a pergunta: *A forma e o tamanho do material podem interferir na condução do calor?*

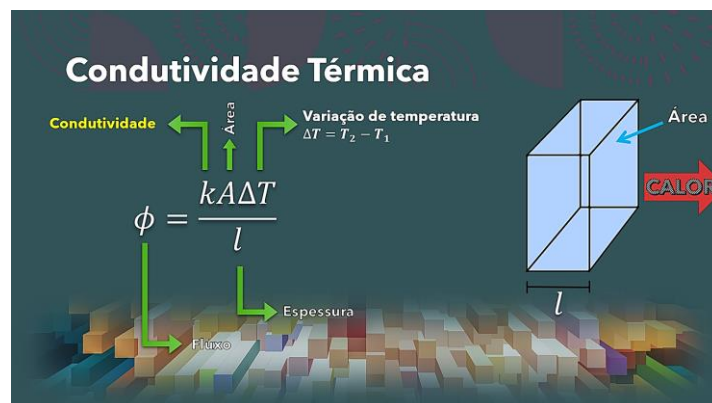
Com o uso do *Energy2D* deve ser feita duas simulações, mudando o comprimento e a espessura do material de teste.



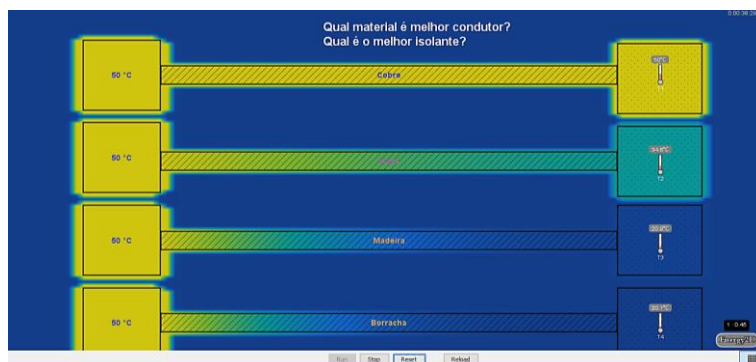
As duas simulações mostram que a dependência da geometria do material de teste interfere na quantidade de energia térmica conduzida.

Passo 3:

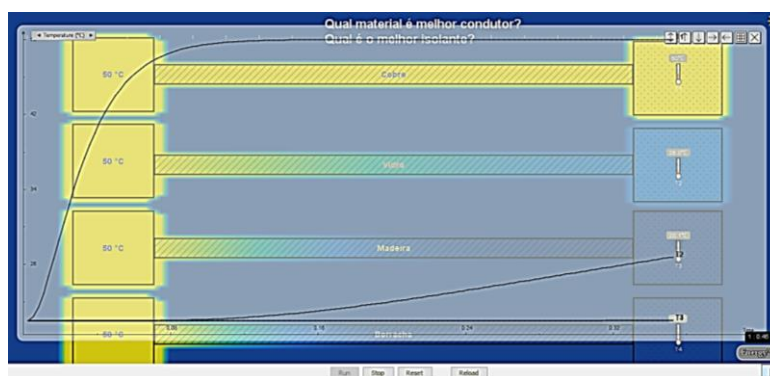
Além da geometria do material de teste, o professor deverá apresentar a propriedade térmica condutividade térmica. E deve definir os condutores térmicos e os isolantes térmicos através dessa propriedade.



Para demonstrar a diferença da condutividade entre os materiais mais uma simulação no *Energy2D* deve ser apresentada. Nessa simulação a geometria dos materiais são iguais e a condutividade diferente. Os materiais são o cobre, o vidro, a madeira e a borracha. Lembrando que cada material tem o seu calor específico e sua condutividade térmica, cabendo ao professor diferencia-los. O professor deve, após a simulação, perguntar: *Qual material é melhor condutor? Qual é o melhor isolante?*

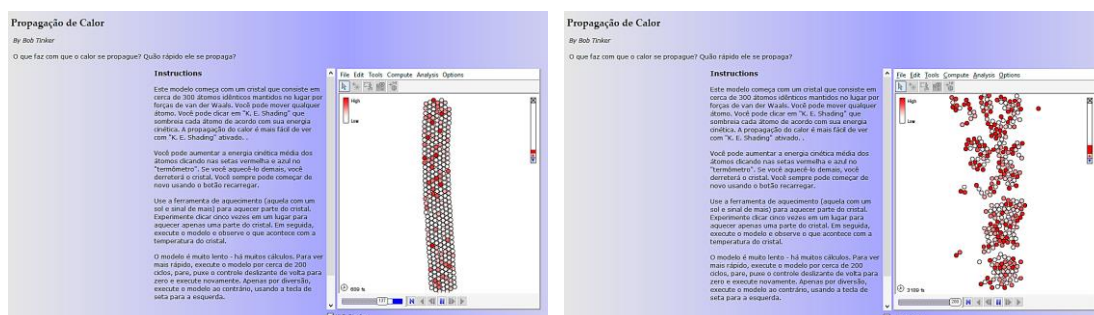


Também é possível mostrar ao aluno a curva de aquecimento dos materiais na simulação. A curva é referente as temperaturas nos termômetros fixados nos materiais, o professor deve mostrar que essas curvas são entre o aumento de temperatura e o tempo para essa ocorrência, diferenciando os materiais condutores e isolantes.



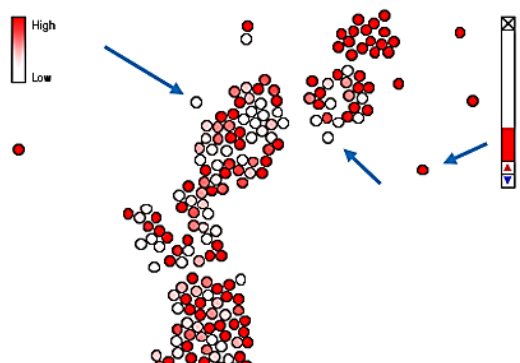
Passo 4:

Para tratar a condutividade a nível molecular e visualizar a energia sendo transmitida, o professor deve utilizar o software *Molecular Workbench* com a simulação propagação de calor. O modelo consiste de um cristal com 300 átomos e conforme se adiciona energia é possível visualizar a condução térmica pelo contraste de cor, branco para baixa energia e vermelho para altas energias.



Com o aumento de energia é possível a mudança de fase do cristal. Quando ocorrer a mudança para o estado líquido, o professor deverá mostrar através do contraste de cores

que a condução diminui conforme aumenta a distância entre os átomos. Deve relacionar esse distanciamento com a mudança da condutividade dos materiais.



Agora o professor deve voltar ao questionamento inicial: **Por que peças metálicas parecem mais "frias" à temperatura ambiente do que um pedaço de madeira ou plástico?** E agora junto com os alunos respondê-lo usando os conceitos de calor específico e condutividade.

Avaliação:

Reaplicação do Teste pictórico com quatro itens em que o aluno deve desenhar de acordo com a sua perspectiva sobre os estados da matéria a nível molecular. O teste também pede uma representação do calor e de uma mistura de substâncias. Para esse teste é esperado que o aluno represente as moléculas das substâncias por pequenas esferas, fazendo uma distinção entre as substâncias pelo tamanho ou por quantidade, agrupando esferas para representar uma molécula. Outro fato esperado é que o aluno seja capaz de desenhar as moléculas com distâncias distintas entre os estados físicos.

Leitura complementar:

ENGINEERING, T. O que é condutividade térmica de materiais e elementos químicos - Definição. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-condutividade-termica-de-materiais-e-elementos-quimicos-definicao/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

5.5 – AULA 5

Esta aula ocorre após as aulas sobre os conceitos sobre as propriedades térmicas, calor específico, condutividade térmica e calor latente. Para ajudar os alunos a organizar os conceitos e relaciona-los, a ferramenta dos Mapas Conceituais é um bom instrumento para esse fim. Uma vez que os mapas conceituais possuem o objetivo de representar relações entre dois ou mais termos conceituais, ajudando o aluno a criar uma rota que

ajude a atingir o seu objetivo. Não esquecendo que o mapa conceitual possui uma hierarquia nos conceitos relacionados e é importante que o mapa possua termos (conceitos) que sejam comuns aos alunos, que sejam conhecimentos prévios. Assim podendo associar a conceitos novos. Nesse sentido a elaboração de um mapa de conceitos pode ser uma atividade criativa, podendo ajudar a fomentar a criatividade. Cada mapa organizado pelo aluno oferece evidências sobre o conteúdo e a forma da aprendizagem processada por ele.

Tema:

- Mapa Conceitual.

Objetivos:

- Diferenciar conceitos físicos;
- Perceber as conexões e dependências dos conceitos da Termodinâmica;
- Criar um mapa de conceitos.

Recursos:

- Computador;
- Software leitor de slides;
- Quadro branco e marcador;
- Projetor;
- Papel A4 em branco.

Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:

Passo 1:

O professor deve iniciar com a pergunta: **Você consegue lembrar de todos os conceitos que já estudou?**



A partir dessa pergunta, o professor deve definir o conceito de mapa conceitual de forma simples, usando os nomes separados, Mapa e Conceito. A definição é a mesma contida em um dicionário.



Passo 2:

O professor deve mostrar ao aluno a definição de Mapa Conceitual, no slide, para que ele saiba para que serve. Uma boa definição é a seguinte:

Os mapas conceituais servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica. Um mapa conceitual também pode funcionar como um mapa rodoviário visual, mostrando alguns dos trajetos que se podem seguir para ligar os significados de conceitos de forma a que resultem proposições. Depois de terminada uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais mostram um resumo esquemático do que foi aprendido (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 31).

Passo 3:

Nesse momento o professor deve explorar algumas palavras-chaves para criar um mapa conceitual de modelo, as palavras são: Água, movimento, moléculas, calor e estado. Devendo conceituar cada uma delas. Sempre perguntando aos alunos se concordam com o conceito.

Passo 4:

Usando as palavras-chaves deve ser criado o mapa conceitual. Contendo o conceito *Água* como o mais inclusivo, estando no topo. Nesse mapa são adicionadas as palavras de ligação a outros conceitos. Outro ponto importante é a hierarquia dos conceitos que deve ser comentada.



O professor deve mostrar a diferenciação progressiva dos conceitos, ou seja, o conceito mais geral e inclusivo deve ser apresentado no início, para depois serem diferenciados de forma progressiva em termos de detalhes e especificidade.

Passo 5:

Agora o professor deve utilizar os mesmos conceitos para criar outro mapa conceitual, agora com a palavra *moléculas* como a mais inclusiva e no topo do mapa. Deve ficar claro ao aluno que o mapa conceitual é mutável e pode sempre ser aperfeiçoado.



Os conceitos apresentados no mapa conceitual devem ser organizados de forma a favorecer a exploração de relações entre as ideias, as semelhanças e diferença entre elas, e também reconciliar as discrepâncias reais ou aparentes. E também, a relação entre os conceitos que interagem na hierarquia do mapa conceitual devem se relacionar de forma harmônica e lógica, isso é chamado de reconciliação integrativa.

Avaliação:

Construir um Mapa Conceitual usando os conceitos: *energia térmica*, *calor*, *calor específico*, *calor latente*, *condutividade*, *temperatura* e *moléculas*. O professor deve ajudar o aluno a conceituar esses termos, apenas para lembrar, como uma forma de revisá-los, um dos mapas deve ser usado como referência para o aluno. O objetivo é fazer

com que o aluno consiga conectar esses conceitos de forma lógica e hierárquica. O aluno pode adicionar mais conceitos se achar necessário para ajudar na elaboração.

A atividade deve ser realizada em uma folha de papel A4 em branco, entregando ao final da aula.

Leitura complementar:

SOUZA, N. A. De; BORUCHOVITCH, E. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. **Pro-Posições**, dez. 2010. v. 21, n. 3, p. 173–192.

5.6 – AULA 6

Após cinco aulas sobre as propriedades térmicas, usando o recurso dos simuladores, os conceitos sobre temperatura, calor, calor específico, calor latente e condutividade térmica já devem estar claros para o aluno.

Essa aula é para aplicar a avaliação final sobre os conceitos apresentados, um teste conceitual chamado Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas. Assim finalizando a Sequência de Ensino Investigativa.

Tema:

- Teste Conceitual.

Objetivos:

- Diferenciar conceitos físicos;
- Aplicar os conhecimentos sobre as propriedades térmicas.

Recursos:

- Teste Conceitual impresso;
- Cartão resposta impresso.

Duração:

- Uma aula de 50 minutos

Desenvolvimento:**Passo 1: Avaliação**

O professor deve aplicar o Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas (TCTP), disponível no Anexo 1. O teste deve ser impresso previamente e entregue ao aluno no início da aula junto com o cartão resposta

O período de tempo da aula deve ser utilizado pelo aluno para realizar a atividade, entregando o cartão resposta ao final. O Teste impresso também deve ser devolvido ao final da atividade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional apresenta um conjunto de seis aulas, uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), contendo diversos recursos didáticos e atividades. Traz também uma breve descrição dos conceitos físicos abordados nas aulas. Sua abordagem está pautada na Aprendizagem Significativa e na Teoria dos Modelos Mentais.

Esse material de apoio ao professor é uma tentativa, entre várias disponíveis na literatura, de melhorar a prática docente e o aprendizado dos alunos do ensino básico; uma tentativa, sim, pois o processo de ensino-aprendizagem é bastante complexo. Ele perpassa por todas as interações que o aluno tem em sala de aula e na sua vivência cotidiana.

O produto educacional desenvolvido, no que tange ao que se propôs ser, atendeu satisfatoriamente as expectativas. A SEI descrita aqui é um *design* didático que pode ser aplicado como está ou ser adaptado, ficando a critério do professor. Lembrando que as particularidades das turmas, das escolas e dos alunos moldam o ensino da Física em sala.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: PARALELO EDITORA, LDA, 2003.

BONJORNO, J. R. et al. **Física: termologia, óptica, ondulatória, 2º ano**. 3º Edição ed. São Paulo: Editora FTD S.A., 2016.

BORGES, A. T. COMO EVOLUEM OS MODELOS MENTAIS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 1, n. 1, p. 66–92, jun. 1999.

BOULDER, U. OF C. **Estados da Matéria**. PhET Interactive Simulations, , 2012. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>

BOULDER, U. OF C. **Formas de Energia e Transformações**. PhET Interactive Simulations, , 2013. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>

BRAGA, M. B. P. **Escala de Proficiências em Concepções Térmicas: Diagnóstico Psicométrico de Estudantes em Portugal e Brasil**. Florianópolis: Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências e Tecnologias da Educação/ Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2018.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular** BrasíliaMinistério da Educação, , 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8º Ed ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2012.

CARVALHO, A. M. P. DE. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas. In: LONGHINI, M. D. (Ed.). . **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011.

CARVALHO, A. M. P. DE. **Ensino de ciências por investigação: condições para**

implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica.** 7º ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJER, A. J. **Transferência de Calor e Massa.** 4 Ed ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012.

CHU, H.-E. et al. Evaluation of Students' Understanding of Thermal Physics in Everyday Contexts. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 5, p. 1509–1543, 2012.

LABS, E. **EvalBee.** PuneEkodroid Labs, , 2021. Disponível em: <<https://evalbee.com/>>

LUZ, A. M. R. DA; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. DA C. **Física 2: contexto e aplicações.** 2º Ed. ed. São Paulo: editora Scipione, 2016.

MOREIRA, M. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193–232, 1996.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25–46, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** 1º ed. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender.** Lisboa: PLÁTANO EDIÇÕES TÉCNICAS, 1996.

ROMANZOTI, N. **Física da água: 9 fatos surpreendentes sobre H2O.** Disponível em: <<https://hypescience.com/fisica-da-agua/>>. Acesso em: 7 jul. 2021.

SANTROCK, J. W. **Psicologia Educacional.** 3º ed. São Paulo: McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 2009.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística.** 3º ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 1979.

SILVÉRIO, A. C. **Física - Sistemas complexos e outras fronteiras.** Volume 4 ed. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2001.

TANAHOUNG, C. et al. SURVEYING SYDNEY INTRODUCTORY PHYSICS STUDENTS ' UNDERSTANDINGS OF HEAT AND TEMPERATURE. **Australian Institute of Physics**, n. December, p. 3–6, 2006.

WATTANAKASIWICH, P. et al. Development and implementation of a conceptual survey in thermodynamics. **International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education**, v. 21, n. 1, p. 29–53, 2013.

WEG, M. **Como funcionam as usinas nucleares? | Blog com Ciência**. Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/como-funcionam-as-usinas-nucleares/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

XIE, C. **Molecular Workbench**. Concord Consortium, , 2014. Disponível em: <<http://mw.concord.org/modeler/>>

XIE, C. **Energy2D**. Concord Consortium, , 2020. Disponível em: <<http://energy2d.concord.org>>

YEO, S.; ZADNIK, M. Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. **The Physics Teacher**, v. 39, n. 8, p. 496–504, 2001.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: termodinâmica e ondas**. 14° ed. [s.l.] Pearson Education do Brasil, 2016.

ZEMANSKY, M. W. **Calor e Termodinâmica**. 5° ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 1978.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Teste Pictórico sobre as Fases da Matéria e suas Mudanças

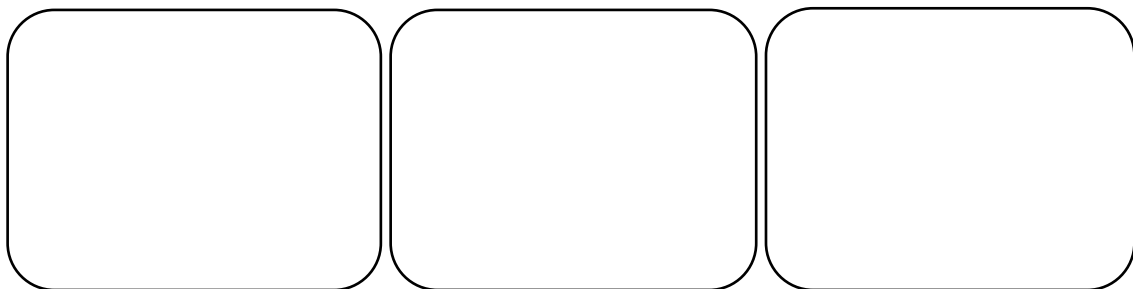
Nome: _____

Instruções:

Essa atividade é para avaliar a sua perspectiva sobre o movimento molecular nas três fases da matéria e nas suas mudanças. Desenhe nos espaços disponíveis o que se pede nas questões. Você pode utilizar lápis ou caneta, use várias cores, se for possível, para ter uma melhor fidelidade do modelo que você está pensando.

Primeira parte

A) O gelo sólido, a água líquida e o vapor da água são a mesma substância. Faça um desenho da substância água em cada estado físico da matéria representando como ela é por dentro, ou seja, como as moléculas de água estão organizadas “dentro” de cada estado da matéria.

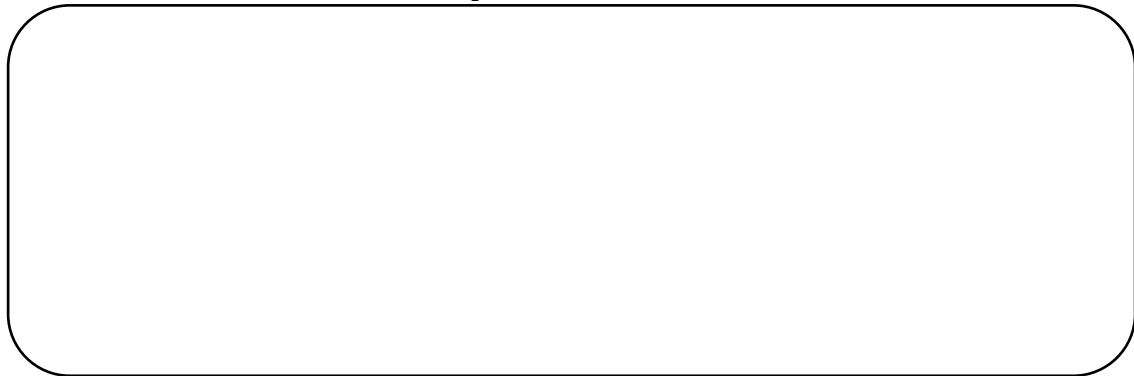


Sólido

Líquido

Gasoso

B) O calor é determinante para o aquecimento das substâncias. Faça um desenho, de como você entende, do calor entre dois corpos.

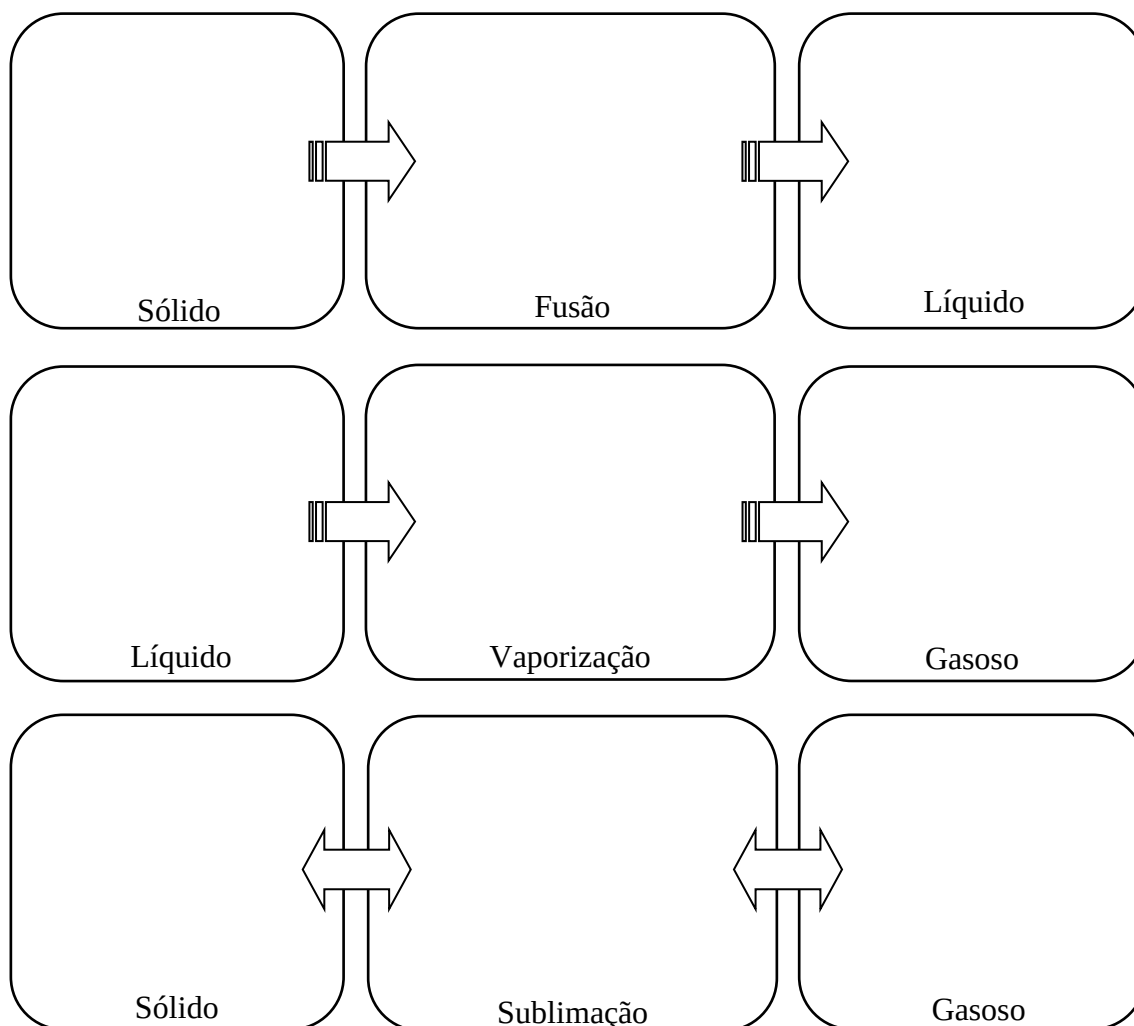


Segunda parte

A) A água no estado líquido é mais comum de ser observado no cotidiano. Desenhe, como você imagina, as moléculas de água no estado líquido misturada ao sal de cozinha (cloreto de sódio).



B) Represente, desenhe, as moléculas de uma substância mudando de estado físico, conforme as indicações. Estado inicial → Processo de mudança → Estado final.



Apêndice 2 – Endereço eletrônico dos Slides utilizados nas aulas

Aula 1:

Servidor 1: <https://app.box.com/s/fy2893zjttanrr1tz3s456hj3qwwosbh>

Servidor 2:

<https://docs.google.com/presentation/d/10sISji94EZbk2Uus3zMvwq2qlwLBb6kg/edit?usp=sharing&ouid=111546846002987024808&rtpof=true&sd=true>

Aula 2:

Servidor 1: <https://app.box.com/s/bpofrp165ee49ndg3lzbgnunzzmj1gpb>

Servidor 2:

<https://docs.google.com/presentation/d/1FiZLHFqWLoxdFEWJPFumJoaNOMd-nu02/edit?usp=sharing&ouid=111546846002987024808&rtpof=true&sd=true>

Aula 3:

Servidor 1: <https://app.box.com/s/cmrr73ec4lq6sqjcbrfsn7jd04v7jy9k>

Servidor 2:

<https://docs.google.com/presentation/d/1GDIECwwMfj0-jUEuiiNOCPWEnjcUXNrp/edit?usp=sharing&ouid=111546846002987024808&rtpof=true&sd=true>

Aula 4:

Servidor 1: <https://app.box.com/s/b83kfraa2airsju1g5627viy3314cg18>

Servidor 2:

https://docs.google.com/presentation/d/1dS1mOy_2FfIOI-rYsQGinC9nodP_n9l8/edit?usp=sharing&ouid=111546846002987024808&rtpof=true&sd=true

Aula 5:

Servidor 1: <https://app.box.com/s/i7aa1no4q2n0nd8glr6xx625br8vfpf>

Servidor 2:

https://docs.google.com/presentation/d/1CC5OSRStRvPW6M3Gz_imiZDxZeI4h1L6/edit?usp=sharing&ouid=111546846002987024808&rtpof=true&sd=true

Apêndice 3 – Ficha de Atividades

Ficha de Atividades

Nome: _____

O que é Temperatura?

- ☐ Indica o quanto um corpo é quente.
- ☐ É a medida do grau de agitação das moléculas que compõem um corpo.
- ☐ É o calor dos corpos.

O que é Calor?

- ☐ É a temperatura dos corpos.
- ☐ É o fluxo de energia térmica.

1

Qual dos dois blocos tem a temperatura mais baixa antes do aquecimento?

- ☐ Ferro
- ☐ Tijolo
- ☐ Os dois possuem a mesma temperatura

Qual dos blocos acumulou mais energia?

- ☐ Ferro
- ☐ Tijolo

Houve mudança de temperatura?

- ☐ Somente no bloco de Ferro
- ☐ Somente no bloco do Tijolo
- ☐ Em ambos os blocos

2

Como você acredita que é o comportamento da molécula de água no estado sólido?

O aumento de temperatura modifica a configuração da molécula de água?

3

Apêndice 4 – Ficha de Respostas

Ficha de respostas

Nome: _____

2.1

2.2

2

3.1

3.2

3

4.1

4.2

4.3

4

6.1

6

7.1

7

ANEXO

Anexo 1 – Teste sobre a Compreensão das Propriedades Térmicas

Q1. Samuel pega uma lata e uma garrafa plástica de refrigerante da geladeira, onde tinham sido colocados na noite anterior. Ele rapidamente coloca um termômetro no refrigerante contido na lata. A temperatura é de 7°C . Quais são as temperaturas mais prováveis da garrafa de plástico e do refrigerante de seu interior?

- A) Estão ambas abaixo de 7°C .
- B) Estão ambas a 7°C .
- C) Estão ambas acima de 7°C .
- D) O refrigerante está a 7°C , mas a garrafa está a mais de 7°C .
- E) Depende da quantidade de refrigerante e/ou do tamanho da garrafa.

Q2. Jan anuncia que não gosta de sentar nas cadeiras de metal da sala porque "ao tocá-la, são mais frias que as de plástico". Com qual afirmação você concorda totalmente?

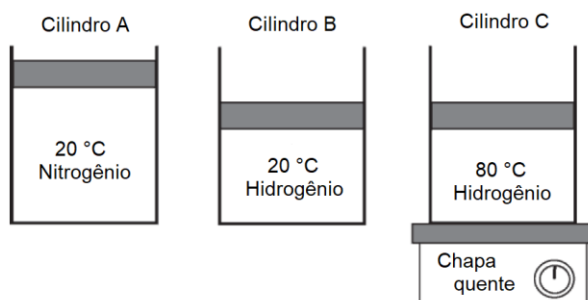
- A) Jim concorda e diz: "As cadeiras de metal ficam mais frias porque o metal é naturalmente mais frio que o plástico".
- B) Kip diz: "As cadeiras de metal não são mais frias, porque estão na mesma temperatura".
- C) Lou diz: "As cadeiras de metal não são mais frias, parecem mais frias porque são mais pesadas".
- D) Mai diz: "As cadeiras de metal são mais frias porque o metal absorve o calor do corpo mais rapidamente".

Q3. Kim pega duas réguas, uma de metal e outra de madeira. Ele anuncia que o metal se sente mais frio do que o de madeira. Qual é a sua explicação preferida para essa situação para Kim?

- A) O metal conduz o calor mais rapidamente que a madeira.
- B) A madeira é naturalmente uma substância mais quente que o metal.
- C) Os metais são melhores radiadores de calor que a madeira.
- D) O frio flui mais facilmente de um metal.

Use as seguintes informações para responder às perguntas 4 e 5.

Três cilindros idênticos são preenchidos com quantidades desconhecidas de gases ideais. Os cilindros são fechados com pistões idênticos de massa M e atrito desprezível. Os cilindros A e B estão em equilíbrio térmico com a sala a 20°C , e o cilindro C é mantido a uma temperatura de 80°C . O pistão de cada cilindro está em equilíbrio mecânico com o meio ambiente.



Q4. A pressão do gás nitrogênio no cilindro A em relação a pressão do gás hidrogênio no cilindro B será?

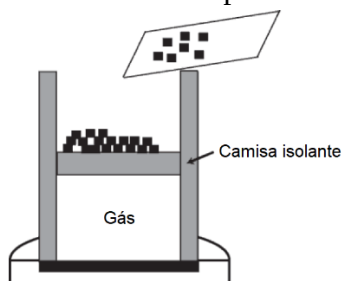
- A) Maior
- B) Menor
- C) Igual

Q5. A pressão do gás hidrogênio no cilindro B em comparação à pressão do gás hidrogênio no cilindro C será?

- A) Maior
- B) Menor
- C) Igual

Use as seguintes informações para responder às perguntas 6 a 8.

Um gás ideal está contido em um cilindro com um pistão bem ajustado, para que nenhum gás escape. Várias pequenas massas estão no pistão. (Desconsidere o atrito entre o pistão e as paredes do cilindro.) O cilindro é colocado em uma camisa isolante. Um grande número de massas é rapidamente adicionado ao pistão.



Q6. A temperatura do gás muda?

- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Permanece inalterada

Q7. A pressão do gás muda?

- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Permanece inalterada

Q8. O volume do gás muda?

- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Permanece inalterado

Q9. Quando se coloca água morna em um copo a superfície externa do mesmo permanece seca. Quando colocamos água gelada, a superfície externa do copo fica úmida. Nesse caso pode-se afirmar que:

- A) o copo deixa “vazar” água gelada pelos seus poros
- B) o copo deve ser de metal, pois somente metais podem ficar com a superfície úmida
- C) a superfície externa gelada provoca a condensação das moléculas de água contidas no ar.

Q10. João percebeu um cheiro desagradável em seu guarda-roupas, foi ao mercado em busca de algo que tirasse esse odor, o vendedor recomendou naftalina (pequenas bolinhas sólidas). Ao passar do tempo, João percebeu que a naftalina começou a sumir do guarda-roupas, as bolinhas iam diminuindo de tamanho. Então João concluiu que:

- A) diminui de tamanho porque a naftalina derrete quando colocada em contato com o tecido das roupas.
- B) a naftalina diminui de tamanho devido ao aumento de temperatura dentro do guarda-roupas.
- C) a naftalina diminui de tamanho até sumir pois muda de estado físico, passando do sólido diretamente para o estado gasoso.

Q11. O dióxido de carbono sólido “CO₂” é conhecido como gelo seco ele é muito usado para produzir o efeito de fumaça em apresentações (shows). Ele é resfriado a uma temperatura inferior a – 70 °C, e ao entrar em contato com o ar torna-se gás, produzindo uma fumaça branca. A respeito desse processo afirma-se:

- A) que o gelo seco faz uma mudança de estado físico, do estado sólido para o gasoso.
- B) que o dióxido de carbono é naturalmente um gás e por isso sempre se tornará um gás.
- C) a fumaça branca que sai do gelo seco é apenas o frio que sai e não altera o tamanho do gelo.

Q12. Jim acredita que deve usar água fervente para fazer uma xícara de chá. Ele diz a seus amigos que "Eu não poderia fazer chá se eu estivesse acampando em uma montanha alta porque a água não ferve em grandes altitudes". Qual afirmação você concorda totalmente?

- A) Joys diz: "Sim, porque a água ferve abaixo de 100 ° C quando a pressão diminui."
- B) Tay diz: "Jim está incorreto porque a água sempre ferve na mesma temperatura".
- C) Lou diz: "O ponto de ebulição da água diminui, mas a própria água ainda está a 100 ° C".
- D) Mai diz: "Eu concordo com Jim. A água nunca chega ao ponto de ebulição."

Q13. Existem três potes de água fervente no fogão. Qual deles tem a temperatura mais baixa?

- A) Aquele que está fervendo vigorosamente
- B) Aquele que está fervendo há mais tempo
- C) Aquele que mal está fervendo
- D) Todos eles têm a mesma temperatura

Q14. Qual é a temperatura mais provável dos cubos de gelo que se encontram armazenados no congelador de uma geladeira?

- A) -10°C
- B) 0 °C
- C) 5 °C
- D) A temperatura depende do tamanho dos cubos de gelo

Q15. Francisco pega seis cubos de gelo no congelador e coloca quatro deles dentro de um copo com água, deixando os outros dois sobre a mesa. Agita várias vezes o copo até que os cubos de gelo estejam bem pequenos e tenham parado de derreter. Qual é a temperatura mais provável da água nesta situação?

- A) -10 °C
- B) 0 °C
- C) 5 °C
- D) 10 °C

Q16. Os cubos de gelo que Francisco deixou sobre o balcão quase derreteram por completo e repousam sobre uma poça de água, ficando ainda pequenos pedaços de gelo. Qual é a temperatura mais provável desses cubos de gelo menores?

- A) $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ B) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ C) $5\text{ }^{\circ}\text{C}$
D) $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Q17. Sobre o fogão está uma panela cheia de água. A água começou a ferver rapidamente. A temperatura mais provável da água é:

- A) $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ B) $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ C) $110\text{ }^{\circ}\text{C}$
D) Nenhuma das respostas acima é correta

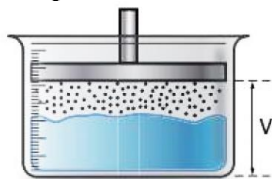
Q18. Cinco minutos mais tarde, a água na panela ainda ferve. A temperatura mais provável da água agora é:

- A) $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ B) $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ C) $110\text{ }^{\circ}\text{C}$
D) $120\text{ }^{\circ}\text{C}$

Q19. Qual será a temperatura do vapor acima da água fervente na panela?

- A) $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ B) $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ C) $110\text{ }^{\circ}\text{C}$
D) $120\text{ }^{\circ}\text{C}$

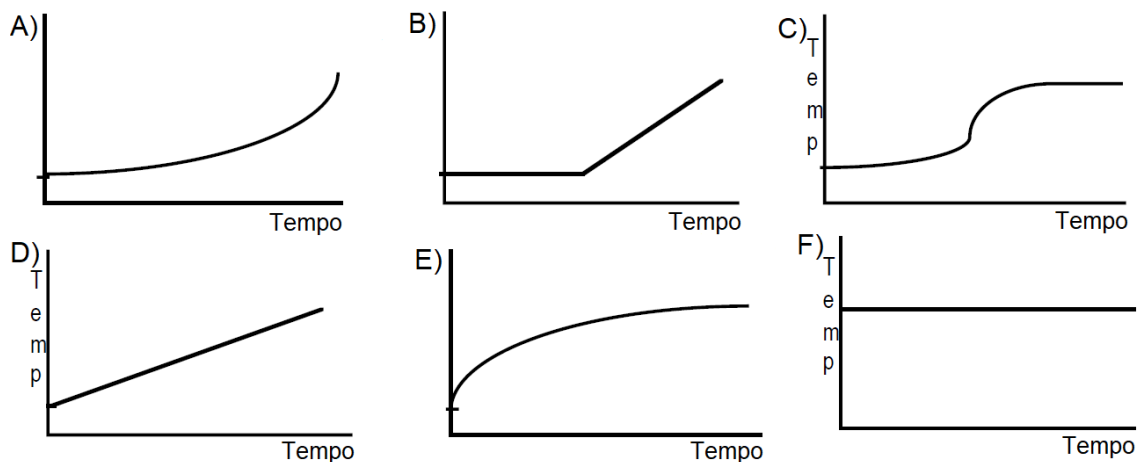
Q20. A figura mostra um cilindro com embolo, no qual certo líquido está em equilíbrio com o próprio vapor. Se reduzirmos o volume V, sem alterar a temperatura:



- A) mais líquido se vaporizará
B) mais vapor vai se condensar
C) a proporção de líquido e vapor não se alterará
D) o líquido começará a ferver

As perguntas 21 a 24 referem-se a um copo inicialmente com uma mistura de 50 g de gelo e 50 g de água a 0°C . O copo é perfeitamente isolado para que nenhum calor possa ser transferido para dentro ou para fora. A temperatura ambiente é de 25°C .

Um pequeno aquecedor de xícara de café dentro da xícara permite que o calor seja transferido para a mistura de gelo e água. O calor é transferido a uma taxa constante e a mistura é agitada continuamente para que a temperatura seja sempre uniforme em toda a mistura. Para cada pergunta abaixo, escolha a forma do gráfico de temperatura e tempo nos gráficos **A** a **F** na parte superior da página que melhor corresponda à temperatura da mistura durante o intervalo de tempo descrito. (Você pode escolher um gráfico mais de uma vez. A origem dos gráficos não representa necessariamente 0°C .)



Q21. Qual gráfico pode mostrar um intervalo de tempo quando o gelo está derretendo, mas ainda há gelo na água?

Q22. Qual gráfico pode mostrar um intervalo de tempo quando ainda há gelo no início do intervalo, mas todo o gelo desaparece antes do final do intervalo?

Q23. Qual gráfico pode mostrar um intervalo de tempo quando há apenas água (o gelo derrete completamente antes do início do intervalo), mas nenhuma fervura ocorre durante o intervalo?

Q24. Qual gráfico pode mostrar um intervalo de tempo em que a água está fervendo durante todo o tempo mostrado no gráfico?

Chave de correção dos itens:

Q1 – B	Q13 – D
Q2 – D	Q14 – A
Q3 – A	Q15 – B
Q4 – C	Q16 – B
Q5 – C	Q17 – B
Q6 – A	Q18 – B
Q7 – A	Q19 – B
Q8 – B	Q20 – B
Q9 – C	Q21 – F
Q10 – C	Q22 – B
Q11 – A	Q23 – D
Q12 – A	Q24 – F