

**MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS:  
UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE GASES E  
TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

**TIAGO MORAIS NUNES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Dr. Márcio Santos

Florianópolis, SC  
Setembro de 2016

**MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS:  
UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE GASES E  
TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

**TIAGO MORAIS NUNES**

Orientador:  
Dr. Márcio Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

Florianópolis SC  
Setembro de 2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

Nunes, Tiago Morais

Modelagem e Simulações Computacionais: uma abordagem para o ensino de Gases e Termodinâmica no Ensino Médio / Tiago Morais Nunes ; orientador, Prof. Dr. Márcio Santos - Florianópolis, SC, 2016.

55 p.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-graduação em Física.

Inclui referências.

1. Física. 2. Ensino de Física. 3. Modelagem e Simulações. 4. Gases. 5. Termodinâmica. I. Santos, Márcio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Física. III. Modelagem e Simulações Computacionais: uma abordagem para o ensino de Gases e Termodinâmica no Ensino Médio.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, deu o suporte necessário e soube entender a minha ausência nas horas dedicadas aos estudos, em especial a minha esposa Mayana que sempre me apoiou e me deu as duas maiores inspirações, as nossas filhas, Helena e Alice.

Agradeço ao meu orientador professor Márcio Santos pela sua dedicação e comprometimento na construção da minha dissertação, sempre disposto a discutir, a auxiliar e a nortear na direção correta.

Agradeço a todos os colegas pelos dois anos de trabalho com muita dedicação e empenho, discussões, mas acima de tudo, muito companheirismo.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal de Santa Catarina que com sabedoria e dedicação implementaram o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, lecionando as sextas-feiras e aos sábados no período de 2 anos.

Agradeço a Sociedade Brasileira de Física por elaborar e articular esse programa de mestrado e a CAPES pelo subsídio através das bolsas de estudo.

Por fim, agradeço aos amigos Henrique, Rafael, Leone e os meus colegas de trabalho do Instituto Federal de Santa Catarina pelo incentivo dado nesse período.



## RESUMO

O presente trabalho centraliza o ensino de Gases e Termodinâmica através da modelagem e simulações computacionais. Nessa perspectiva a abordagem teórica se dá na caracterização do processo de modelagem, contextualizando as simulações computacionais como representações sustentadas por modelos matemáticos. Sendo assim, há necessidade de entender e discutir os conceitos pertinentes a esses processos com o objetivo de orientar na compreensão e aplicação dos mesmos. Além de abordar as concepções acerca dos processos de modelagem, serão descritos algumas experiências de ensino que utilizaram essas estratégias, focando na contextualização das diferentes maneiras de aplicar as mesmas. A proposta de ensino elaborada se caracteriza por ser uma sequência didática para o ensino de Gases e Termodinâmica utilizando o processo de modelagem apoiado pela técnica da simulação computacional. O desenvolvimento dela ocorreu através do estudo de diferentes livros didáticos para construir uma sequência coesa e diversificada no que tange ao uso das estratégias. A proposta foi aplicada em turma de 28 alunos do Ensino Médio integrado ao curso técnico do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis. Para avaliar a mesma, foi desenvolvido um questionário e aplicado na turma. A conclusão obtida com o mesmo é que a utilização das simulações computacionais reduz as abstrações contidas nos conteúdos trabalhados e enriquece os significados obtidos na construção dos modelos matemáticos.

**Palavras-chave:** Modelagem; Simulações Computacionais; Ensino de Física.



## ABSTRACT

This work centers teaching Gases and Thermodynamics through modeling and computer simulations. In this perspective the theoretical approach occurs in the characterization of the modeling process, contextualizing the computer simulations as representations supported by mathematical models. Therefore, it is required to understand and discuss the concepts relevant to these processes in order to guide the understanding and application. Beyond to addressing the conceptions about the modeling process will be described some teaching experiences that have used these strategies, focusing on the context of the different ways to apply them. The teaching proposal elaborately is characterized as a didactic sequence for teaching Gases and Thermodynamics using the modeling process supported by the technique of computer simulation. The development of it was through the study of different textbooks to build a cohesive and diverse sequence with respect to the use of strategies. The proposal was applied in class of 28 students of the integrated high school to technical progress of the Federal Institute of Santa Catarina, in Florianópolis. To evaluate the same, a questionnaire was developed and applied in the classroom. The conclusion obtained with the same is that the use of computer simulations reduces the abstractions contained in the worked and enriches the meanings achieved in the construction of mathematical models.

**Keywords:** Modeling; Computer Simulations; Physics Teaching.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação da Teoria, Simulação e Experiência .....	18
Figura 2 - Tela de Trabalho do WLinklt .....	27
Figura 3 - Barra de Ferramentas do Ambiente WLinklt.....	27
Figura 4 - Sistema mola-massa .....	28
Figura 5 - Modelo do Sistema Mola-Massa no Ambiente WLinklt .....	28
Figura 6 - Modelo Final da Dupla 01 .....	29
Figura 7 - Tela Ilustrativa do Modelo Noel_bar.....	32
Figura 8 - Circuito Elétrico Parte I.....	34
Figura 9 - Circuito Elétrico Parte II.....	34
Figura 10 - Circuito Elétrico Parte III .....	35
Figura 11 - Janela de Modelo Desenvolvido pelos Alunos .....	36
Figura 12 - Janela de Animação Desenvolvida pelos Alunos .....	36
Figura 13 - Simulador Propriedades dos Gases.....	53
Figura 14 - Simulador Propriedades dos Gases - Velocidade e Energia Cinética .....	57
Figura 15 - Simulador Formas de Energia e suas Transformações .....	59
Figura 16 - Simulação/Animação do Ciclo de Carnot.....	60
Figura 17 - Simulação/Animação do Ciclo de Otto .....	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Objetivos do Teste TUG-K .....	30
Tabela 2 - Dificuldades dos Estudantes em Interpretação de Gráficos de Cinemática.....	31
Tabela 3 - Sequência Did. para o Ensino de Gases e Termodinâmica .....	40
Tabela 4 - Características dos Livros Didáticos Mencionados.....	40
Tabela 5 - As Competências no Ensino de Física (PCNEM e PCN+) .....	44
Tabela 6 - Unidades Temáticas (PCNEM e PCN+) .....	46
Tabela 7 - Relação de Conteúdos e Objetivos Específicos .....	50
Tabela 8 - Sugestão da Distribuição de Aulas para: Estudo dos Gases.....	52
Tabela 9 - Transformações Gasosas .....	54
Tabela 10 - Sugestão da Distribuição de Aulas para: Modelo Cinético...55	
Tabela 11 - Sugestão da Distribuição de Aulas para: Termodinâmica.....	58



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Justificativa .....	18
1.2 Objetivo Geral .....	19
1.3 Objetivos Específicos .....	19
<b>2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO .....</b>	<b>21</b>
2.1 Como se caracterizam a modelagem e as simulações? .....	21
2.2 Exemplos de Modelagem .....	25
<b>2.2.1 A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2 Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3 Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples .....</b>	<b>33</b>
<b>3 A ABORDAGEM TRADICIONAL DE GASES E TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO .....</b>	<b>39</b>
3.1 Conteúdos Abordados .....	39
3.2 Sequência Didática e Abordagem dos Conteúdos .....	40
3.3 Articulação com o PCNEM e PCN+ .....	44
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA .....</b>	<b>49</b>
4.1 Divisão dos Módulos .....	50
4.2 Descrição metodológica .....	52
<b>4.2.1 Módulo 1 - Estudo dos gases .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.2 Módulo 2 - Modelo Cinético dos Gases .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.3 Módulo 3 - Termodinâmica .....</b>	<b>57</b>
<b>5 ANÁLISE E CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
5.1 Análise da aplicação da sequência didática .....	63
5.2 Análise do questionário .....	64
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>73</b>
<b>Apêndice A - Material complementar para o aluno .....</b>	<b>74</b>
<b>Apêndice B - Material para o professor .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 1 - Avaliação .....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 2 - Questionário .....</b>	<b>136</b>



## 1 INTRODUÇÃO

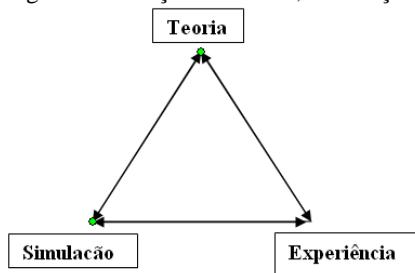
Ensinar Física no ensino médio tem sido desafiante tanto para quem ensina quanto para quem aprende, visto que essa ciência contempla conhecimentos científicos difíceis de serem transpostos e compreendidos. Em busca de uma metodologia que facilite tanto um quanto outro, esse trabalho apresenta uma abordagem de ensino que utiliza modelagem e simulações computacionais no ensino de Física no ensino médio, particularizando para os conceitos de Gases e Termodinâmica. Inicialmente, aponta-se que diversificar as metodologias para se ensinar diferentes conteúdos é interessante devido às especificidades dos diferentes conteúdos.

O presente trabalho apresentara uma abordagem sobre o que caracteriza o processo de modelagem e simulações computacionais, uma breve descrição de como os conteúdos de Gases e Termodinâmica são tratados nos livros didáticos de Ensino Médio, a apresentação do produto desenvolvido e por fim, uma análise de resultados a partir de um questionário elaborado para coletar informações acerca da adequação dos alunos com a proposta apresentada.

Entendemos que caracterizar o processo de modelagem e de simulações computacionais se faz necessário para dar a clareza ao que será desenvolvido e, também, para mostrar a amplitude de abordagens de ensino que essas estratégias podem estar envolvidas. Neste sentido abordaremos alguns exemplos de atividades já desenvolvidas. Quanto à descrição dos conteúdos relacionados a Gases e a Termodinâmica pensamos ser fundamental para delinear de que forma os livros do Ensino Médio estão abordando os mesmos, para assim, definirmos uma sequência didática coesa e que atenda as diversidades das diferentes referências.

Justificamos a escolha pela a utilização dessa metodologia (simulações computacionais) para o ensino de Gases e Termodinâmica pelo fato desses conteúdos utilizarem modelos para a descrição e compreensão dos conhecimentos científicos envolvidos. Porém, constata-se a existência de uma parcela de educadores que por muitas vezes não estabelecem a relação modelo-teoria com os alunos, sendo imprescindível apontar que o desenvolvimento e entendimento da Física como ciência ocorrem pela relação de teoria, simulação e experiência, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 - Relação da Teoria, Simulação e Experiência



Fonte: autoria própria.

A utilização de conhecimentos acerca de modelagem teórica e das simulações computacionais tornou-se interessante, pois realizações experimentais dos conteúdos descritos não são simples de serem implementadas no ambiente escolar. A compreensão de modelos pode ser traduzida em representações conceituais de algo real e para serem construídos se faz necessário a compreensão da relação modelo-teoria. A teoria é entendida como um conjunto de princípios, os quais determinam a modelagem. A modelagem é uma linguagem de domínio por parte dos físicos, no entanto, existe uma barreira entre o domínio e o ensino desse conhecimento.

As simulações computacionais são métodos para resolução de problemas a partir das modelagens de objetos específicos reais ou não, de sistemas e fenômenos, podendo ser útil quando a experimentação é difícil de ser realizada, aproximando o conhecimento científico do aluno e reduzindo as abstrações, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Esse trabalho procura proporcionar o entendimento tanto de modelagem como de simulações computacionais com o objetivo de fornecer aos professores de Física no Ensino Médio alicerces na transposição dos conteúdos de Gases e Termodinâmicas e também, na sua extensão desses conceitos para outros, os quais também podem ser desenvolvidos dentro desta mesma perspectiva.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa para este trabalho está na observação de que o conhecimento científico está afastado da realidade do estudante. Da mesma forma é de senso comum que a Física é uma ciência de difícil compreensão. Portanto, a utilização de ferramentas de ensino diferentes

das tradicionais podem auxiliar na melhoria da compreensão dessa ciência e também no rompimento de alguns obstáculos que permeiam o processo de ensino e aprendizagem. Diversificar o processo de ensino conduz o professor à busca de diferentes estratégias.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma sequência didática para o ensino de Gases e Termodinâmica que englobe na sua estrutura a utilização de modelagem teórica apoiada por simulações computacionais.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Abordar os conceitos acerca de modelagem teórica;
- Abordar os conceitos acerca de simulações computacionais;
- Articular os pressupostos dos Parâmetros Curriculares Nacionais a essa prática de ensino;
- Verificar experiências que utilizaram essas metodologias;
- Elaborar uma sequência para utilização de modelagem e simulações;
- Desenvolver e aplicar o produto;
- Analisar os resultados após a aplicação do trabalho.



## 2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO

O presente capítulo discute a modelagem teórica e as simulações computacionais elencando os conceitos pertinentes para a compreensão dessas metodologias, as quais podem ser utilizadas no ensino de ciência. Além disso, serão apresentados alguns exemplos de práticas de ensino que empregaram a modelagem ou a simulação computacional para mostrar as diferentes formas que as mesmas podem ser empregadas. Por fim, pretende-se mostrar a relação entre modelagem e simulação computacional e articular o uso dessas metodologias aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

### 2.1 COMO SE CARACTERIZAM A MODELAGEM E AS SIMULAÇÕES?

A modelagem consiste em um processo para construir representações de objetos reais e inimagináveis empregado constantemente no desenvolvimento e entendimento de diversas áreas da Ciência. Particularmente, ao estudar Física é comum o emprego de linguagem matemática. Portanto, frequentemente exploram-se os modelos matemáticos na descrição de grandezas físicas. Hestenes (1987) entendia que um modelo matemático possuía quatro componentes: um conjunto de nomes para o objeto, um conjunto de variáveis descritivas, equações de modelo e, uma interpretação relativa às variáveis descritivas.

Em relação às componentes, destacam-se as variáveis descritivas, as quais se associam às propriedades do objeto, podendo ser variáveis: a) de objeto: representando propriedades intrínsecas do mesmo; b) de estado: associadas aos valores que variam com o tempo e; c) interação: representando a ação de um agente externo com o objeto que está sendo modelado. O objetivo de se relatar as componentes é de facilitar a compreensão de um modelo, dando um maior sentido às interpretações dele e reforçando a teoria abordada.

O alicerce dos modelos de objetos reais é a teoria científica, pelo fato de ser norteada por princípios que corroboram para a construção dos modelos. Assim, pode-se inferir uma relação próxima e de dependência entre teoria e modelo, como coloca Hestenes (1987):

Uma teoria científica pode ser considerada como um sistema de princípios objetivando a modelagem de objetos reais. Esse ponto de vista

deixa claro que o conceito de teoria pressupõe o conceito de modelo. De fato, uma teoria científica pode ser relacionada à experiência somente quando ela é utilizada para a construção de um modelo específico que pode ser comparado ao objeto real. As leis de uma teoria podem ser testadas e validadas somente pelos testes e validações dos modelos derivados da teoria. (HESTENES, p. 442, 1987)

A visão de Hestenes deixa clara a relação modelo-teoria, no sentido de que a teoria é a base para a construção de modelos relativos a objetos reais e na perspectiva que as leis envolvidas podem ser avaliadas apenas quando os modelos são validados. Isso fortalece ainda mais a necessidade de compreender os modelos, sendo indispensáveis para testar teorias científicas e verificar a validade dos conhecimentos intrínsecos a elas.

Paralelamente às ideias colocadas sobre o tema central (o processo de modelagem) Santos (2003) entende esse processo como o estabelecimento de relações entre grandezas de um determinado sistema.

Modelagem é o processo de estabelecer relações entre entidades importantes de um sistema. Para cada modelador existe um modelo mental básico (a visão ou imagem que o modelador tem do sistema real ou virtual) a partir do qual é construído um modelo específico simplificado. Ao experimentar esse modelo simplificado, desejamos aumentar o entendimento do modelo base e também do sistema real ou virtual caracterizado por esse modelo. Um modelo deve ser construído selecionando-se o menor subconjunto de variáveis que descrevem adequadamente o sistema real ou virtual. A habilidade em modelagem depende de experiência, conhecimento, intuição, julgamento, percepção e imaginação. A construção de um modelo é baseada num modo específico de olhar para o objeto, isto é, para a “realidade”. (SANTOS, p. 224, 2003)

Conforme a definição de Santos, o processo de modelagem é a descrição de um sistema real ou virtual. Porém, essa representação inicia

com um modelo mental básico, o qual é o ponto de partida para idealizar um modelo específico com o menor subconjunto de variáveis que descrevem o sistema. Nessa perspectiva, o processo de modelagem significa construir um modelo o qual apresente características de um olhar para um objeto, seja real ou virtual, sendo necessárias para isso algumas habilidades.

Em uma perspectiva contemporânea é perspicaz entender a aproximação do processo de modelagem com o computador, gerando distintos modelos computacionais e também, *softwares* que auxiliam nesse processo, como por exemplo: o *Modellus* e o *Easy java simulations*. A modelagem computacional é um processo que pode auxiliar na representação de um conhecimento científico quando se pretende explorar modelos matemáticos. É fato que as tecnologias de informação são realidade no cotidiano escolar e naturalmente, surgem ferramentas para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

A utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC's) no espaço escolar pode ressignificar o conceito de conhecimento, se essas ferramentas tecnológicas forem mediadas coerentemente, melhorando a compreensão e apropriação de um determinado conhecimento científico. No ensino de Física há diversos estudos comprovando que a utilização dessas tecnologias auxilia o aluno na compreensão de conteúdos. Nesse sentido, a atividade de modelagem computacional torna-se um reforço nas relações de ensino mediadas pelo professor na aprendizagem do educando.

No sentido de elucidar o que seria a modelagem computacional no ensino de física, Veit & Araújo (2005) colocam o entendimento da seguinte forma:

Entendemos a modelagem computacional aplicada à Física como a modelagem esquemática de Halloun, acrescida do uso do computador. Essencialmente, há dois tipos de atividades de modelagem, as exploratórias e as expressivas. Nas exploratórias, o aluno recebe um modelo computacional pronto, devendo explorá-lo através de cursores, ou inserindo valores iniciais para variáveis, alterando parâmetros e, até mesmo, modificando o modelo matemático ou icônico que dá origem ao modelo computacional. No modo expressivo, os alunos devem construir o modelo desde sua estrutura matemática ou icônica até a análise dos resultados gerados por ele. Neste

modo, os cinco estágios da modelagem esquemática são transpostos, ainda que muitas vezes sem a devida consciência por parte do aluno. Todas as linguagens de programação e muitos *softwares* computacionais podem ser considerados como ferramentas para modelagem computacional. (VEIT & ARAÚJO, p.5 , 2005)

Complementando o expresso por Veit & Araújo (2005), o termo modelagem esquemática é entendido como o processo cognitivo de construção de um determinado modelo científico através de uma teoria subjacente. Logo, podemos inferir que essa definição está de acordo com as mencionadas anteriormente no trabalho. Com relação à modelagem esquemática de Hallon (1996), destacam-se os cinco níveis hierárquicos: seleção, construção, validação, análise e expansão. No estágio da seleção, faz-se a escolha de um modelo físico apropriado em uma gama de modelos familiares em uma teoria específica; no estágio da construção são elaborados modelos matemáticos com base nas leis e teorias que auxiliam na resolução matemática de problemas; no estágio da validação avalia-se a consistência interna do modelo; no estágio da análise se verifica os propósitos do modelo em construção, se estão ou não sendo atendidos e; no estágio da expansão o modelo é utilizado para explicar novas situações físicas relacionadas ao sistema estudado, às implicações em outros sistemas físicos e também, a construção de novos modelos a partir do modelo estudado.

Com relação aos *softwares* para se trabalhar modelagem, destaca-se o *Modellus*, que é uma ferramenta de modelagem quantitativa, sendo possível escrever modelos matemáticos conforme se escreve no papel, não exigindo do estudante o domínio da linguagem matemática. Além disso, o *Modellus* é um software dinâmico e interativo, possibilitando ao professor trabalhar com os alunos modelos construídos previamente para explicar determinado conteúdo e permitindo que o aluno construa seu próprio modelo ou explore modelos criados por outros.

Com a compreensão das teorias relacionadas à modelagem, tanto a teórica quanto a computacional, inserirmos o contexto das simulações computacionais. As simulações computacionais são ferramentas que podem ser empregadas no ensino de diferentes maneiras. Uma forma é utilizar as que estão prontas e disponíveis livremente na *internet* e outra, é construir simulações a partir de outros programas. O *Modellus*, por exemplo, permite isso.

Para Medeiros & Medeiros (2002) as simulações computacionais podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômeno, de forma que uma simulação seja resultado dos modelos que expressam uma situação real descrita por uma linguagem matemática, a qual torna possível o processamento da realidade virtual pelos computadores, fortalecendo a proposição de que a existência de um simulador computacional pressupõe um modelo de suporte que lhe confere significado. Nesse sentido, a exploração das simulações computacionais pode se justificar nos casos em que as práticas experimentais são de alta complexidade para a reprodução pelos estudantes, podendo através delas promover a interatividade entre o computador e o aprendiz, devido o seu potencial tecnológico, sendo assim uma ferramenta didática para o professor elucidar conteúdos em que a realidade física está distante da realidade do aluno.

Por outro lado, deve-se ter cuidado com o uso das simulações computacionais ao inferir que elas são equiparadas aos experimentos reais. Medeiros & Medeiros (2002) destacam que é preciso estar em alerta para o fato de que essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente pode comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que as figuras estáticas. Nesse sentido, eles tratam que pelo fato das simulações computacionais terem base em modelos reais, os professores devem ser apropriar delas e identificar os limites de validade do modelo para evitar possíveis danos gerados pelas simulações, tendo em vista que elas não são cópias fiéis do real.

Por fim, o conhecimento de modelagem e simulações computacionais é essencial para a aplicação no ensino de Física, seja para verificar a eficiência destes processos ou para avaliar a articulação com o conhecimento científico. Por outro lado, destacamos a importância de se utilizar diferentes metodologias a fim de buscar melhorias no conteúdo explorado, sendo necessário que o professor possua conhecimento das metodologias de ensino mencionadas para evitar que as mesmas corroborem para a perda de significado da realidade do que está sendo estudado.

## 2.2 EXEMPLOS DE MODELAGEM

Neste subcapítulo serão descritas simplificadaamente algumas experiências de modelagem e simulações computacionais no ensino de Física, ressaltando que a apresentação sintetizada dessas experiências

tem por objetivo facilitar a compreensão das metodologias e mostrar as diferentes formas de serem aplicadas no ensino de Física. Para isso no primeiro exemplo constará uma situação de modelagem com o uso de um *software* para construir um modelo do sistema mola-massa, o segundo exemplo utiliza o *software Modellus* para modelizar gráficos de cinemática e o último exemplo, consiste em explorar um simulador computacional para compreender circuitos elétricos simples.

O que deve ser observado nesses exemplos é o papel do aluno na construção dos modelos nos diferentes ambientes de modelagem e a função desempenhada pelas simulações computacionais.

### **2.2.1 A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa**

O trabalho realizado por Giuseppe Camiletti e Laércio Ferracioli apresenta o resultado da investigação sobre a integração de ambientes de modelagem computacional ao aprendizado exploratório de Física. A abordagem realizada explora os Diagramas Causais, os quais simplifadamente podem ser entendidos através das representações de pares de causa e efeito, resultado das relações entre variáveis de um sistema em estudo. A construção de modelos a partir de Diagramas Causais podem ser representados no Ambiente de Modelagem Computacional Baseado na Metáfora de Ícones WLinkt. Não é o objetivo explicar a Metáfora de Ícones WLinkt, mas se faz necessário uma breve explanação do assunto para o entendimento do trabalho desenvolvido.

O WLinkt é baseado na Metáfora de Ícones para a construção e simulação de modelos dinâmicos em nível semiquantitativo. Durante a execução do ambiente WLinkt é apresentada um tela composta por: área de trabalho, área de gráficos e barra de ferramentas, conforme a Figura 2. Na barra de ferramentas (conforme Figura 3) encontram-se os elementos de construção do modelo através de ícones que representam as variáveis, sendo relacionadas a objetos, eventos e variáveis do sistema a ser modelado.

No contexto do WLinkt os autores destacam que a construção de modelos nesse ambiente demanda raciocínio semiquantitativo, isso significa dizer que não há necessidade de ter conhecimento das relações matemáticas entre as variáveis para a construção de um modelo, pois os cálculos são estabelecidos internamente por procedimentos computacionais, revelando uma natureza dinâmica na medida que o modelo é simulado e os resultados são obtidos. Com o objetivo de

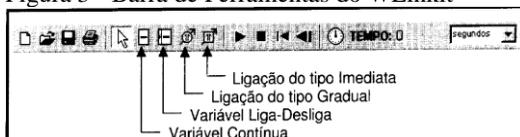
construir modelos nesse ambiente a proposta elaborada para os alunos é apresentada a seguir.

Figura 2 - Tela de trabalho do WLinkt



Fonte: Camiletti e Ferracioli , 2002.

Figura 3 - Barra de Ferramentas do WLinkt



Fonte: Camiletti e Ferracioli , 2002.

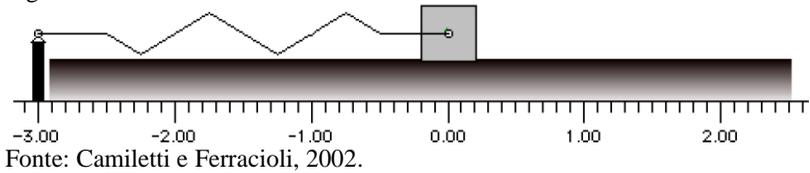
A proposta realizada aos alunos orientava-os para seguirem 7 passos básicos, os quais Camiletti e Ferracioli (2002) apresentaram da seguinte forma:

- a definição do sistema a ser estudado;
- escolha do fenômeno de interesse a ser estudado;
- listagem das variáveis relevantes para a construção do modelo;
- representação do modelo no Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo WLinkt;
- simulação do modelo construído;
- validação do modelo a partir da análise de seu comportamento em relação ao comportamento esperado do fenômeno em estudo.

O sistema mola-massa foi proposto aos alunos para que a partir dele fossem desenvolvidas atividades exploratórias e expressivas, organizadas em 2 módulos, sendo que no artigo estudado foram relatados apenas os resultados das atividades de modelagem expressivas com o Sistema Mola-Massa.

Os alunos foram divididos em duplas e cada dupla recebeu um texto com as seguintes informações: *"Na natureza pode-se observar uma série de fenômenos oscilatórios. Considere por exemplo, que uma mola possui uma de suas extremidades presa a um ponto fixo e a outra, presa a um corpo que pode oscilar livremente, conforme mostra a Figura 4."*

Figura 4 - Sistema mola-massa



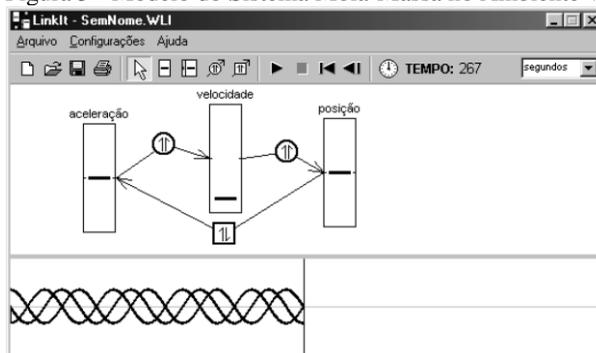
Na sequência, solicitou-se aos alunos a construção de um modelo discutindo com o colega de dupla e explicando o que estava sendo observado.

Os estudantes deveriam desenvolver o modelo conforme a Figura 5, em que o sistema a ser estudado é o bloco preso a uma mola; o fenômeno de interesse é o movimento do bloco e as variáveis relevantes são a posição, a velocidade e a aceleração.

As grandezas físicas nesse modelo obedecem à relação de que a aceleração é a causa da velocidade, e esta a causa da posição. A interpretação que deveriam ter é explicada pelos autores da seguinte forma: *"A aceleração depende da posição de modo que, quanto maior, positivamente, for a posição, maior, negativamente, é a aceleração. Assim, a aceleração, assumindo valores negativos, faz a velocidade diminuir e esta por sua vez faz a posição diminuir, a qual, por sua vez, faz a aceleração aumentar gerando, assim, um movimento oscilatório."*

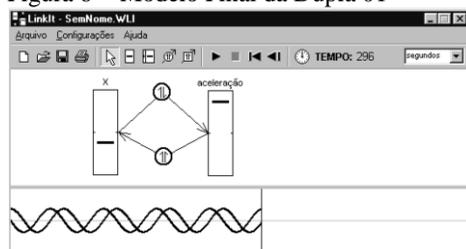
Por fim para apresentar o resultado desse processo de modelagem, os autores descreveram no trabalho o modelo construído por uma dupla, denominada por dupla 01, conforme pode ser verificado na Figura 6.

Figura 5 - Modelo do Sistema Mola-Massa no Ambiente WLinkIt



Através do modelo da dupla 01, pode ser observado que foi feita a leitura do texto, mas não foram seguidos os passos sugeridos, o modelo foi desenvolvido diretamente no computador. As variáveis tinham o caráter de quantidade e as ligações entre elas eram causais, ao realizar a simulação de uma versão do modelo, a dupla concluiu que o comportamento das variáveis não estava de acordo com o esperado e na concepção do modelo final, este apresentou comportamento ondulatório com a utilização de duas variáveis.

Figura 6 - Modelo Final da Dupla 01



Fonte: Camiletti e Ferracioli, 2002.

### 2.2.2 Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática

O artigo Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática é resultado de um trabalho efetuado com estudantes do curso de Física da UFRGS e a ideia central era investigar a aprendizagem significativa na interpretação de gráficos de cinemática, possibilitando isso com o uso de modelagem computacional. A escolha pelo *Modellus* se justifica pelo fato de disponibilizar aos professores e alunos ferramentas para elaborarem modelos matemáticos (funções, derivadas, equações diferenciais etc) sem a necessidade de metáfora simbólica. Além disso, os autores destacam que ele apresenta uma interface gráfica intuitiva, facilitando a interação do aluno com modelos em tempo real.

Com relação ao conteúdo de Física, os autores abordaram a interpretação de gráficos por acreditarem que é uma das habilidades requeridas nos conteúdos de Física, portanto, propiciar condições para que os estudantes aprendam a interpretar é interessante para os diversos conteúdos de Física. Para reforçar a temática destacam experiências positivas de outros estudantes em propostas de ensino de Física bem sucedidas, como por exemplo: a interpretação de gráficos a partir de

experiências de aquisição de dados em tempo real utilizando o computador (MBL: Microcomputer-Based Laboratory). Nessa situação os pesquisadores perceberam que os alunos apresentavam uma dificuldade em considerar os gráficos como sendo fotografias da trajetória real do movimento. Com experiências semelhantes, os pesquisadores focalizaram a interpretação de gráficos da Cinemática e compartilharam os estudos de McDermott, Rosenquist e Van Zee, os quais identificaram as dez principais dificuldades dos estudantes na elaboração e análise de gráficos.

Cinco destas dificuldades estão em conectar os gráficos aos conceitos físicos: a) discriminar entre inclinação e altura; b) interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; c) relacionar um tipo de gráfico a outro; d) relacionar a narração de um movimento com um gráfico que o descreve; e) interpretar a área sob o gráfico. As outras cinco dificuldades encontradas estão em conectar gráficos ao mundo real: a) representar movimento contínuo por uma linha contínua; b) separar a forma de um gráfico da trajetória do movimento; c) representar velocidade negativa; d) representar aceleração constante; e) fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento. (ARAÚJO, VEIT & MOREIRA, p. 180, 2004)

Com isso, eles propuseram a utilização do teste TUG-K (teste elaborado por Beichner a partir de exemplos de cinemática - movimento de projetéis, curvas nos gráficos de altura x alcance e altura x tempo) de compreensão de gráficos de Cinemática, estando descrito na Tabela 1 os objetivos e na Tabela 2 as dificuldades mapeadas com o uso do teste.

Tabela 1 - Objetivos do Teste TUG-K

<b>Dado</b>	<b>O Estudante deverá</b>
1) Gráfico de posição x tempo	Determinar a velocidade
2) Gráfico de velocidade x tempo	Determinar a aceleração
3) Gráfico da velocidade x tempo	Determinar o deslocamento
4) Gráfico da aceleração x tempo	Determinar a variação da velocidade
5) Gráfico da Cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente
6) Gráfico da Cinemática	Selecionar a descrição textual adequada
7) Descrição textual do movimento	Selecionar o gráfico correspondente

Fonte: Araújo, Veit & Moreira, 2004

Tabela 2 - Dificuldades dos Estudantes em Interpretação de Gráficos de Cinemática

---

**Dificuldades**

---

- 1) Visão de gráficos como uma fotografia do movimento
  - 2) Confusão entre altura e inclinação
  - 3) Confusão entre variáveis cinemáticas
  - 4) Erros quanto à determinação de inclinações de linhas que não passam pela origem
  - 5) Desconhecimento do significado das áreas no gráfico abaixo das curvas cinemáticas
  - 6) Confusão entre área/inclinação/altura
- 

Fonte: Araújo, Veit & Moreira, 2004

A partir disso, os autores desenvolveram algumas atividades de ensino para auxiliar os alunos nas dificuldades oriundas da interpretação de gráficos da Cinemática conforme apresentadas na Tabela 2, sendo o principal objetivo dessas atividades o de complementar as aulas tradicionais.

As atividades propostas foram disponibilizadas na internet e a construção delas foi sobre algumas considerações, relacionadas às atividades exploratórias: objetivos a serem alcançados, dificuldades trabalhadas e descrição geral do modelo. Para exemplificar os autores relataram no artigo a atividade exploratória Noel\_bar.mdl, conforme a Figura 7.

Além disso, tornaram explícitos os objetivos a serem alcançados pelos estudantes, fundamentados nos objetivos do TUG-K em conformidade com a Tabela 1, as dificuldades a serem trabalhadas, conforme a Tabela 2, a descrição geral e o enunciado.

Na descrição geral, está detalhada a situação da seguinte maneira:

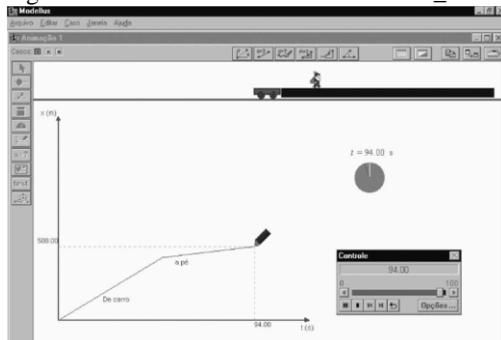
Ao executar este modelo, o Papai Noel está parado sobre o carrinho que se move da esquerda para direita na tela. O carrinho se choca, então, contra a barra azul horizontal e o Papai Noel segue caminhando sobre esta. O gráfico posição contra tempo do Papai Noel é traçado simultaneamente com o movimento do carrinho. Três casos distintos são propostos:  $V_a > V_b$ ;  $V_a = V_b$  e  $V_a < V_b$ , onde  $V_a$  corresponde à velocidade do Papai Noel de carro e  $V_b$  à velocidade do Papai Noel a pé. (ARAÚJO, VEIT & MOREIRA, p. 182, 2004)

O enunciado da atividade é na verdade um conjunto de questões e/ou orientações para o estudante utilizar o modelo.

1. Execute o modelo e observe com atenção as grandezas e o gráfico. Que tipo de trajetória tem o Papai Noel, quando se move com o carro? E quando está pé? 2. Qual a distância percorrida pelo Papai Noel 10 segundos após deixar o carro? 3. Qual é o valor da velocidade do Papai Noel, quando ele está no carro? E a pé? 4. Esboce o gráfico de  $x$  vs.  $t$  para o caso em que o Papai Noel anda a pé e de carro com a mesma velocidade. 5. Esboce o gráfico de  $x$  vs.  $t$  para o caso em que o Papai Noel anda a pé com velocidade maior do que de carro. 6. Na janela **Animação 1** acione os botões verde e rosa (ao lado de .casos) e compare os gráficos com os seus esboços. 7. É possível, apenas observando o gráfico da posição vs. tempo, determinar em qual trecho o Papai Noel foi mais veloz? Como? (ARAÚJO, VEIT & MOREIRA, p. 182, 2004)

Por fim, propuseram duas atividades expressivas aos alunos, a primeira para construir um modelo capaz de obter gráficos e animações e, a outra para a construção de uma animação do projétil lançado por um canhão. Ambas não serão descritas e analisadas aqui, pois foge do objetivo desse trabalho.

Figura 7 - Tela ilustrativa do modelo Noel\_bar



Fonte: ARAÚJO, VEIT & MOREIRA, p. 182, 2004.

### **2.2.3 Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples**

O trabalho descrito resumidamente é focado em uma linha que utiliza as tecnologias computacionais como ferramenta instrucional à aprendizagem de Física, verificando o descrito no estudo de circuitos elétricos simples, constituídos apenas por baterias e dispositivos resistivos e de circuitos RLC.

Para trabalhar a modelagem e as simulações, inicialmente foi realizada uma revisão de literatura pautada em revistas especializadas em ensino de Física com o objetivo de verificar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes no conteúdo a ser tratado. É válido destacar que as pesquisas (todas referenciadas no artigo em questão) revelam dificuldades com os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica e também, dificuldades dos alunos em lidar com suas concepções alternativas, limitando muitas vezes o olhar do aluno para o evento físico.

Com o objetivo de promover atividades que possibilitem um entendimento maior dos conteúdos listados, a proposta dos autores não envolve aulas experimentais e na mesma linha do exemplo citado anteriormente (3.2.2), optaram por utilizar simulação e modelagem computacionais através do software de modelagem computacional *Modellus*.

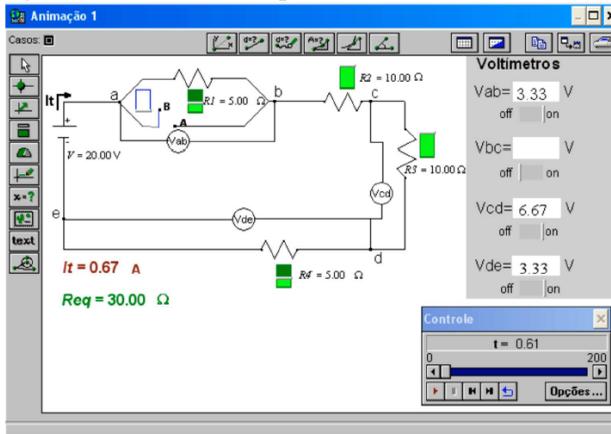
As atividades desenvolvidas foram exploratórias e expressivas. A primeira é no sentido do aluno explorar um modelo computacional e a outra, é a atividade que resulta na construção ou modificação de um modelo computacional por parte do aluno. Para melhor compreensão, será descrito um exemplo de cada atividade presente no artigo estudado.

Primeiramente na atividade exploratória com clareza os objetivos colocam que o aluno ao final da atividade deveria ser capaz de: fazer relações entre corrente elétrica e resistência equivalente, perceber a corrente elétrica como consequência da diferença de potencial elétrica e se tratando de uma associação de resistores em série, perceber que a corrente elétrica através dos resistores é a mesma, a resistência equivalente quando mais um resistor é associado em série e que a soma das diferenças de potenciais individuais é igual à diferença de potencial da fonte. Com relações aos conceitos e raciocínios abordados, ficou delimitado por corrente elétrica, resistência elétrica, diferença de potencial e o raciocínio sistêmico. O modelo utilizado na atividade está

representado nas Figuras 8, 9 e 10 em que é composto por quatro resistores em série, uma fonte, voltmímetro, amperímetros e uma chave.

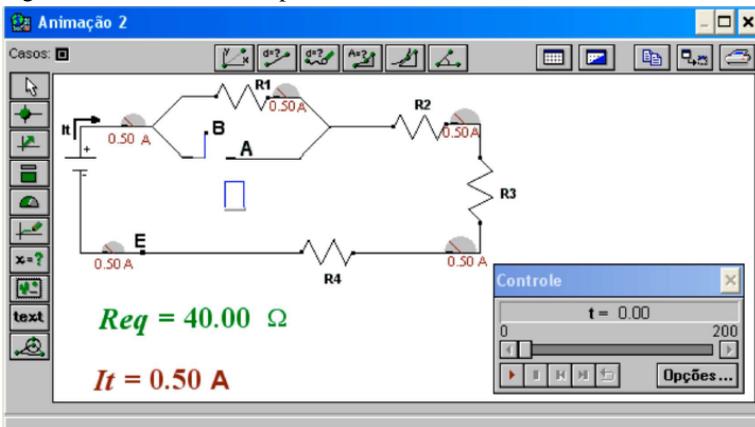
As diferentes animações foram feitas para observar a diferença de potencial para vários pares de pontos ao longo do circuito, com o auxílio dos voltmímetro (figura da animação 1); observar a corrente elétrica no circuito, utilizando os amperímetros (figura da animação 2); e verificar uma variação de corrente ao mudar a chave de posição (figura animação 3).

Figura 8 - Circuito elétrico parte I



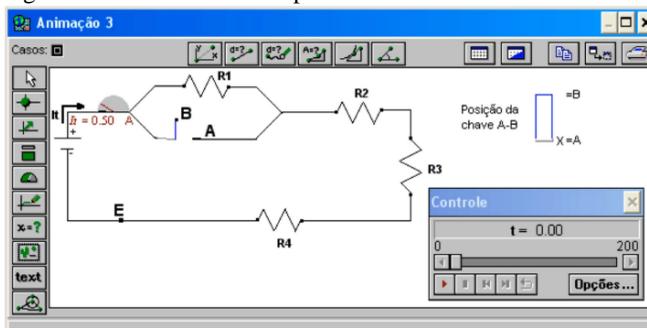
Fonte: Dorneles, Araujo e Veit; 2006).

Figura 9 - Circuito elétrico parte II



Fonte: Dorneles, Araujo e Veit; 2006.

Figura 10 - Circuito elétrico parte III



Fonte: Dorneles, Araujo e Veit; 2006.

Para analisar a aplicação dos modelos descritos foram elaboradas algumas questões, as quais apresentam um caráter de orientação para explorar os modelos e investigar os conteúdos pertinentes. Essas questões estão citadas a seguir:

"a) Execute o modelo e responda a seguinte questão: ao fechar a chave A-B, o que acontece com a resistência equivalente do circuito mostrado na Animação 3? Por quê?

b) A intensidade da corrente elétrica no ponto E, em relação intensidade medida no amperímetro, é: i) menor, ii) igual e iii) maior

c) Abra a Animação 2 (janela → Animação 2). Verifique as respostas anteriores. O que se pode dizer sobre o comportamento da corrente elétrica ao longo do circuito?

d) Abra a Animação 1. No lado direito da janela Animação, encontram-se voltímetros capazes de medir diferenças de potencial entre diferentes pares de pontos do circuito. Altere o valor da resistência elétrica nos resistores (através das respectivas barras de rolagem próxima aos mesmos). Quando a chave A-B está na posição B e os resistores R2 e R3 nos seus valores máximos, qual é a diferença de potencial entre os pontos b-d?

e) Quando a chave A-B está na posição A e os resistores R2 e R3 nos seus valores mínimos, qual é a diferença de potencial entre os pontos a-d?

f) Quando a chave A-B está na posição B, clique com o botão esquerdo do mouse em cima do medidor analógico de R4 e informe o valor 1000 (valor em ohms). Para que valores tendem a corrente elétrica e a diferença de potencial entre os pontos d-e? Por quê?

g) *É possível alterar o valor da diferença de potencial (V) entre os extremos da fonte qualquer que seja a posição da chave A-B? Por quê?"*

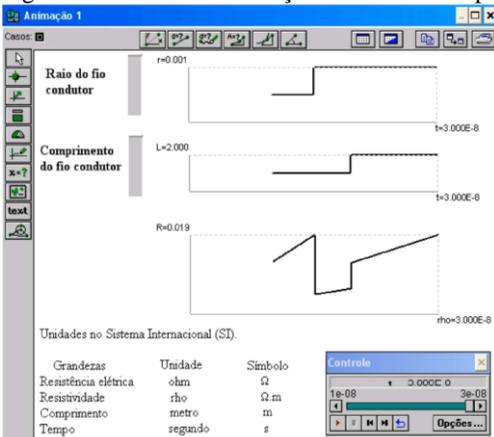
Por fim, foi apresentada uma atividade expressiva sobre resistência elétrica e resistividade, em que o objetivo pautava-se em o aluno dever ser capaz de perceber as relações entre os parâmetros geométricos, resistividade e a resistência elétrica. Assim, foi proposta aos alunos a construção de um modelo computacional para representar uma resistência elétrica em um resistor, relacionando as dependências com a resistividade e com os parâmetros geométricos. As Figuras 11 e 12 mostram os modelos desenvolvidos pelos alunos.

Figura 11 - Janela de modelo desenvolvidos pelos alunos



Fonte: Dorneles, Araujo e Veit; 2006.

Figura 12 - Janela de animação desenvolvidos pelos alunos



Fonte: Dorneles, Araujo e Veit; 2006.

Para o desenvolvimento dos modelos apresentados foi solicitada aos alunos a criação de um modelo para explorar a resistência elétrica em função dos parâmetros geométricos e da resistividade, possibilitando a investigação dos conceitos físicos em diferentes condições iniciais.



### 3 A ABORDAGEM TRADICIONAL DE GASES E TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

Pretendemos apresentar nesse capítulo a abordagem de gases e termodinâmica normalmente vista nos livros didáticos de Ensino Médio para os conteúdos de Gases e Termodinâmica. Com esse objetivo foram escolhidos preferencialmente livros didáticos de ensino médio recomendado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Ressaltamos que não é o objetivo deste capítulo conceituarmos grandezas físicas relacionadas a Gases e Termodinâmica. A intenção é nortear no desenvolvimento de uma proposta de sequência didática coesa e coerente.

#### 3.1 CONTEÚDOS ABORDADOS

De maneira geral os livros didáticos de Ensino Médio abordam Gases e Termodinâmica de forma fragmentada, organizando-os em: unidades e capítulos. Assim não é possível remeter a um único livro a descrição dos conteúdos. Portanto o nosso estudo é o resultado da análise e combinação de quatro livros:

1. TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C.

M. Física, Ciência e Tecnologia – Vol. 2, 3ª edição. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2013.

2. MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física: Contexto e aplicações. Vol. 2, 1ª edição. São Paulo, SP: Scipione, 2014.

3. PIETROCOLA, M. O., POGIBIN, A., ANDRADE, R., ROMERO, T. R. *Física. Movimentos em contextos pessoal, social, histórico*. Vol. I, 1 ed. São Paulo, SP: Editora FTD, 2013.

4. RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. Os Fundamentos da Física. 10ª edição, Vol. 2. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2009.

Explorando essas referências foi possível verificar que elas contemplam de forma simplista conceitos, leis e/ou teorias de: transformações gasosas, mol, número de Avogadro, teoria cinética dos gases, trabalho de um gás, primeira lei da Termodinâmica e segunda lei da Termodinâmica.

### 3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E ABORDAGEM DOS CONTEÚDOS

A descrição detalhada de uma sequência didática em conformidade com os livros didáticos é uma atividade difícil, tendo em vista as especificidades de cada literatura. Portanto, realizamos um estudo que permitiu delinear uma sequência didática de acordo com os diferentes livros conforme pode ser verificado na Tabela 3 e que possibilitou registrar algumas características observadas nos diferentes livros que estão descritas na Tabela 4.

Tabela 3 - Sequência Didática para o Ensino de Gases e Termodinâmica

<b>Capítulo</b>	<b>Conteúdos</b>
<b>1. Estudo dos Gases</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformações Gasosas;</li> <li>- Conceito de mol;</li> <li>- Variáveis de Estado de um Gás;</li> <li>- Equação de Clapeyron;</li> <li>- Teoria Cinética dos Gases.</li> </ul>
<b>2. Termodinâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabalho de um gás;</li> <li>- Princípio da Conservação da Energia aplicado a Termodinâmica (1ª lei);</li> <li>- 2ª Lei da Termodinâmica;</li> <li>- Ciclos Termodinâmicos;</li> <li>- Entropia.</li> </ul>

Fonte: autoria própria.

Tabela 4 - Características dos Livros Didáticos Mencionados

<b>Livro</b>	<b>Contextualização Histórica</b>	<b>Desenvolvimento do formalismo matemático</b>	<b>Exercícios propostos</b>
<b>1</b>	Aborda a história de forma a descrever a vida dos cientistas (com fragmentos de textos) relacionados ao desenvolvimento do estudo de gases e termodinâmica e coloca um tópico o qual chamou de "o nascimento da	Apresenta os modelos matemáticos de proporção das transformações gasosas, da equação de Clapeyron, da lei geral dos gases perfeitos, do trabalho de um gás e das Leis da	Propõe os exercícios organizados em: exercício fundamental e exercício de fixação.

	termodinâmica", no qual descreve a evolução das máquinas térmicas.	Termodinâmica.	
2	Contexto histórico semelhante ao livro 1, porém mais simplista.	O que difere do livro 1 é o fato de não mencionar a 2 <sup>a</sup> Lei da Termodinâmica	Propõe os exercícios organizados em: verifique o que aprendeu e problemas & testes.
3	No estudo de gases, os autores do livro citam os cientistas com suas correspondentes contribuições no corpo do texto. Já com relação à termodinâmica eles contextualizam o desenvolvimento das máquinas térmicas, elencando alguns cientistas como Savery, Watt, Carnot e etc.	Semelhante ao livro 1, porém interpreta o rendimento de uma máquina térmica antes de contextualizar a 2 <sup>a</sup> Lei da Termodinâmica.	Propõe os exercícios organizados em: exercícios resolvidos e exercícios propostos.
4	Pode se dizer que não há uma contextualização histórica.	Apresenta com mais detalhes o desenvolvimento dos modelos matemáticos citados no livro 1 e também, desenvolve os conceitos de pressão e energia cinética na explicação do modelo cinético dos gases.	Propõe os exercícios organizados em: exercícios resolvidos e exercícios propostos e testes propostos.

A partir da Tabela 3 podemos inferir que abordagem dos conteúdos no ensino de gases é fundamentada no conhecimento das variáveis de estado do gás - pressão, volume e temperatura - articulando elas ao comportamento das moléculas constituintes do gás. Normalmente, verifica-se nos livros didáticos de Física que as transposições de gás ideal consideram que o estudante possui o domínio dos conceitos de pressão, volume e temperatura, para o entendimento das transformações gasosas e as leis relacionadas.

Através do estudo dos livros didáticos mencionados, percebemos que eles direcionam o entendimento das transformações gasosas a partir das Leis de Charles, Boyle e Gay-Lussac, para assim contextualizar a lei

geral dos gases perfeitos,  $\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$  e a equação de Clapeyron,

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Chamou a atenção o fato dos livros não definirem o conceito de mol como uma variável de estado, tratando-o de forma simplista.

No tratamento da teoria cinética dos gases percebemos que os autores dos livros didáticos destacam a relação entre um gás real e um gás ideal e as hipóteses que fundamentam o gás ideal. Importante destacar que a teoria cinética dos gases é o ponto menos trabalhado nos livros didáticos observados. Constatamos uma descrição simplista através das hipóteses e apenas no livro 4 foi desenvolvido matematicamente as relações entre: pressão e velocidade das moléculas, temperatura e energia cinética do gás e, temperatura e energia cinética média por molécula e o livro 2 desenvolveu o modelo de energia cinética média das moléculas.

Na análise do ensino das Leis de Termodinâmica, constatamos que as literaturas inicialmente abordam os conceitos de trabalho e energia interna de um gás. Primeiramente expõem o conceito de trabalho termodinâmico, com a possibilidade de determinar a medida dessa grandeza de duas maneiras: a primeira é utilizando a equação  $\tau = p \Delta V$  nas transformações isobáricas e a segunda, através do diagrama pressão por volume, calcula-se a área do gráfico. Com relação ao conceito de energia interna os livros a tratam como diretamente proporcional a temperatura e nos livros 2 e 4 discutem a relação entre energia interna e energia cinética, desenvolvendo o modelo da energia interna em função da temperatura para o gás monoatômico, gerando a equação  $U = \frac{3}{2} nRT$ .

Com os conceitos de trabalho e energia interna definidos (cada livro com sua especificidade) constatamos que todos os livros discutem a Primeira Lei da Termodinâmica, com base no princípio da conservação de energia e utilizam o modelo do cilindro com um pistão e gás no interior, que ao receber ou liberar calor o gás pode realizar ou receber trabalho e ainda, pode elevar ou abaixar a temperatura e a partir dessas consequências leva-se a discussão das transformações de energia e enuncia-se a lei  $\Delta U = Q - \tau$ , a qual é aplicada as diferentes transformações gasosas. Após a definição da Primeira Lei da Termodinâmica, os livros conceituam a transformação adiabática e a transformação cíclica.

Na Segunda Lei da Termodinâmica observamos que o foco era o contexto histórico das máquinas térmicas culminando nos enunciados de Clausius e Kelvin. Conforme pode ser observado na Tabela 4, exceto o livro 4, o restante dos livros utiliza a História da Ciência para contextualizar as máquinas térmicas. Um registro importante a ser feito é que o livro 2 não faz menção a Segunda Lei da Termodinâmica.

Ainda relacionado à Segunda Lei da Termodinâmica, de maneira geral, foi observada a contextualização das máquinas térmicas articulada aos respectivos modelos matemáticos e da máquina frigorífica, a qual não foi discutida no livro 3. Os conceitos físicos descritos por uma linguagem matemática simples, como rendimento e eficiência, foram apresentados em todos os livros, embora o livro 4 tenha explorado com mais detalhes, conforme colocamos na Tabela 4. Sem exceção, os livros abordam o Ciclo de Carnot, colocando-o como o ciclo que proporcionaria o rendimento máximo a uma máquina térmica, e o livro 1 discute o Ciclo Otto e o Diesel, e o livro 3 através de uma abordagem histórica das máquinas térmicas, explica os motores à combustão interna apresentando o ciclo Otto.

Os últimos conceito observados foram o de Entropia e de Variação da Entropia, discutidas como sendo grandezas associadas a desordem de um sistema e também, sobre análise da indisponibilidade da energia do sistema em sua evolução natural.

Por fim, através do exposto na Tabela 4 constatamos que os livros 1, 2 e 3 utilizam a História da Ciência como estratégia para desenvolver os conteúdos, porém o formalismo matemático é discutido com mais simplicidade. Destacamos que a sequência didática mais diferenciada foi observada no livro 3. Os autores optaram por abordar o estudo dos gases em um capítulo e dois capítulos depois, introduziram a Termodinâmica. O último ponto observado é que tanto o ensino de gases quanto o ensino

de Termodinâmica exige do estudante excessiva abstração e é nesse sentido que acreditamos o porquê de os autores contextualizaram os assuntos mencionados historicamente.

### 3.3 ARTICULAÇÃO COM O PCNEM E PCN+

O ensino de Física a partir das diretrizes apresentadas pelos parâmetros curriculares nacionais do ensino médio (PCNEM e PCN+) tem o sentido de auxiliar no processo de construção do estudante como um cidadão contemporâneo. Assim, a Física deve ser constituída por competências específicas que possibilitam a percepção de fenômenos naturais e tecnológicos, através da compreensão dos princípios, leis e modelos, implicando no entendimento dos conceitos e linguagem utilizada nessa ciência, tais como: tabelas, gráficos ou relações matemáticas.

Nesse sentido as competências em Física colocam no professor a função de ensinar ciência como uma ferramenta a mais para o estudante pensar e agir. Para tornar isto possível a referência de ensino deve contemplar situações reais e concepções do universo, pautando em conhecimento a ser aprendido não pragmático.

Antes de destacarmos as competências relacionadas ao objeto de estudo desse trabalho, enaltecermos que os PCNEM e PCN+ apresentam uma organização dos conhecimentos em áreas e que a Física está compreendida na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A partir disso, apresentamos na Tabela 5 as competências no Ensino de Física que podem ser desenvolvidas no ensino de Gases e Termodinâmica com os recursos de modelagem e simulações computacionais. Deve ser observado que nesses documentos norteadores as competências são organizadas em competências na área e em Física.

Tabela 5: As Competências no Ensino de Física

<b>Na Área</b>	<b>Em Física</b>
<b>I. Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.</b>	<b>a)</b> Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas apresentados em textos; <b>b)</b> Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; <b>c)</b> Construir tabelas e transformá-las em gráfico; <b>d)</b> Compreender que tabelas, gráficos e

Na Área	Em Física
	<p>expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens.</p>
<p><b>2.</b> Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.</p>	<p><b>a)</b> Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso.</p>
<p><b>3.</b> Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.</p>	<p><b>a)</b> Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões;  <b>b)</b> Reconhecer a existência de invariantes que impõem condições sobre o que pode e o que não pode acontecer em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas;  <b>c)</b> Identificar transformações de energia e a conservação que dá sentido a essas transformações, quantificando-as quando necessário. Identificar também formas de dissipação de energia e as limitações quanto aos tipos de transformações possíveis impostas pela existência, na natureza, de processos irreversíveis.</p>
<p><b>4.</b> Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.</p>	<p><b>a)</b> Conhecer modelos físicos microscópicos para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações-problema;  <b>b)</b> Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação;  <b>c)</b> Elaborar modelos simplificados de</p>

<b>Na Área</b>	<b>Em Física</b>
<p><b>5. Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.</b></p>	<p>determinadas situações, a partir dos quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões.</p> <p><b>a) Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas.</b></p>

Fonte: MEC, p.63 - 67, 2000.

Entende-se que as competências listadas acima podem ser trabalhadas utilizando as ferramentas computacionais no ensino de Física, sendo capaz de reforçar o processo de ensino e aprendizagem, explorando novos olhares para o entendimento do saber científico.

Com relação aos conteúdos, os parâmetros curriculares nacionais sugerem os temas estruturadores, dividindo em cinco grandes grupos:

1. Movimentos: variações e conservações;
2. Calor, ambiente e usos de energia;
3. Som, imagem e informação;
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações;
5. Matéria e radiação.

Os conteúdos que serão desenvolvidos nesse trabalho pertencem ao segundo tema, em que o calor é observado como foco principal. Sugere-se abordar o assunto com o objetivo de desenvolver competências que articulem o conceito de calor com situações reais, sendo indispensável para isso, trabalhar as fontes de energia térmica, os percursos do calor, os processos de transformação de energia, os aspectos termodinâmicos presentes no funcionamento das máquinas térmicas e outros conceitos no aspecto macroscópico ou microscópico. Nesse domínio o PCN+ propõe as unidades temáticas e objetivos a serem desenvolvidos. Sendo assim, verifica-se na Tabela 6 a seguir os relacionados a Gases e Termodinâmica.

Tabela 6: Unidades Temáticas

<b>Unidades Temáticas</b>	<b>Objetivos</b>
<b>1. Fontes e troca de calor</b>	- Utilizar o modelo cinético das

Unidades Temáticas	Objetivos
	moléculas para explicar as propriedades térmicas das substâncias, associando-o ao conceito de temperatura e à sua escala absoluta.
<b>2. Tecnologia que usam calor: motores e refrigeradores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar a participação do calor e os processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas de uso doméstico ou para outros fins, tais como geladeiras, motores de carro etc., visando à sua utilização adequada;</li> <li>- Identificar o calor como forma de dissipação de energia e a irreversibilidade de certas transformações para avaliar o significado da eficiência em máquinas térmicas.</li> </ul>
<b>3. O calor na vida e no ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar e avaliar os elementos que propiciam conforto térmico em ambientes fechados como sala de aula, cozinha, quarto etc., para utilizar e instalar adequadamente os aparelhos e equipamentos de uso corrente.</li> </ul>

Fonte: MEC, p.73 e74, 2000.

Por fim, ter conhecimento desses objetivos é necessário para elaborar o planejamento que os contemple, corroborando para o desenvolvimento das competências propostas e verificar se é possível compreendê-los na abordagem de ensino com modelagem e simulações computacionais.



## 4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

A proposta apresentada a seguir se traduz em uma organização didática para trabalhar os conteúdos de Gases e Termodinâmica utilizando modelagem e simulações computacionais. Porém, destacamos que o uso dessas metodologias de ensino não ocorrerá em todas as aulas.

Com a finalidade de orientar para o seu uso, o produto proposto será dividido em três módulos de conteúdos, em que serão descritos os objetivos específicos de cada módulo e o encaminhamento metodológico. Além disso, o presente trabalho contará com um material complementar ao aluno com exercícios de sala e exercícios de aperfeiçoamento (Apêndice A) e um material para o professor (Apêndice B), o qual consiste na descrição das aulas realizadas na aplicação do produto.

As simulações computacionais utilizadas são oriundas das páginas da *internet*: [phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu) e [fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem](http://fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem). Optamos por utilizar estes recursos já desenvolvidos por permitirem o desenvolvimento da proposta. Nesse sentido, da primeira referência abordaremos duas simulações, Propriedades dos Gases e Formas de Energia e suas Transformações (a interface deles pode ser observada nas Figuras 13, 14 e 15), com relação a estas simulações na página do *Phet* são disponibilizados os conteúdos que podem ser abordados, a descrição da simulação, alguns objetivos de aprendizagem, dicas para professores e atividades realizadas por outros professores com estas simulações. Já a segunda referência tem origem no Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem da Universidade Federal da Paraíba (NOA - UFPB). Optamos por utilizar simulações do Ciclo de Carnot e do Ciclo Otto (conforme Figuras 16 e 17) e destacamos que na página do NOA - UFPB encontram-se questões relacionadas ao conteúdo simulado, guia do professor, mapa conceitual e texto complementar.

Contudo, o objetivo geral dessa organização didática está pautado no processo de modelagem e na utilização de simulações computacionais com a finalidade de promover uma abordagem diversificada para o ensino dos conteúdos citados de forma a fornecer ao professor um encaminhamento para aplicar e discutir com os alunos em uma perspectiva que os mesmos se aproximem mais da ciência, aperfeiçoando o seu olhar em relação à física. Logo não será discutido como o professor deve conceituar as grandezas físicas, e assim, ratificamos a necessidade de elaborar uma metodologia para explorar

essas estratégias de ensino. Além disso, reforçamos a importância da liberdade para o professor no preparo das aulas e de apresentar a aplicação dos conteúdos abordados em diferentes situações, como por exemplo, os motores à combustão e os refrigeradores.

Por fim, justificamos a escolha dos conteúdos de Gases e Termodinâmica para o desenvolvimento desta proposta pela complexidade de elaborar atividades experimentais para os mesmos e nesse sentido, acreditamos que as simulações computacionais articuladas à modelagem podem conferir uma prática de ensino consistente e diversificada.

#### 4.1 DIVISÃO DOS MÓDULOS

A Tabela 7 descreve os conteúdos pertinentes a cada módulo, bem como os objetivos específicos relacionados aos mesmos e faz referência as competências que podem ser trabalhadas de acordo com os parâmetros curriculares nacionais conforme a Tabela 6.

Tabela 7 - Relação de conteúdos e objetivos específicos

<b>Módulo</b>	<b>Conteúdos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Competências (Ver Tabela 6)</b>
<b>1. Estudo dos gases</b>	- Introdução ao estudo dos gases: variáveis de estado dos gases; - Transformações gasosas; - Equação de estado do gás ideal.	- Compreender a relação das grandezas físicas, pressão, volume e temperatura, na descrição do comportamento dos gases; - Identificar as diferentes transformações gasosas, descritas pelas Leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac.	1.a, 1.b, 1.c, 1.d, 2.a e 3.a.
<b>2. Modelo Cinético</b>	- Modelo Cinético de um	- Entender as características	2.a, 4.a, 4.b, e 4.c

Módulo	Conteúdos	Objetivos específicos	Competências (Ver Tabela 6)
	gás: colisões e pressão do gás, pressão e energia cinética das moléculas.	do modelo de um gás ideal; - Estabelecer as relações entre as grandezas: pressão, temperatura, velocidade das moléculas e energia.	
<b>3. Termodinâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceito de Calor;</li> <li>- Lei Zero da Termodinâmica;</li> <li>- Trabalho e energia interna de um gás;</li> <li>- 1ª Lei da Termodinâmica;</li> <li>- 2ª Lei da Termodinâmica;</li> <li>- Ciclos de Carnot e de Otto;</li> <li>- Entropia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceituar calor e trabalho de um gás;</li> <li>- Articular o princípio da conservação de energia a 1ª Lei da Termodinâmica;</li> <li>- Aplicar a 1ª lei nas diferentes transformações;</li> <li>- Definir a transformação adiabática e a cíclica;</li> <li>- Compreender os enunciados de Clausius e Kelvin;</li> <li>- Conceituar a entropia.</li> </ul>	3.a, 3.b, 3.c, 4.b, 4.c e 5.a

Fonte: autoria própria.

## 4.2 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Este subcapítulo é destinado à descrição das aulas, sugerindo um número de aulas para cada módulo e a sequência de conceitos/conteúdos a serem desenvolvidos.

### 4.2.1 Módulo 1 - Estudo dos gases

Sugerimos neste módulo o trabalho dos conteúdos com 4 aulas de 55 minutos de duração, em que a divisão delas e os conteúdos trabalhados está descrito na Tabela 8.

Tabela 8 - Sugestão de Distribuição das Aulas: Estudo dos Gases

<b>Plano de aulas</b>	<b>O que fazer?</b>
<b>Aula 1 - Introdução a Gases</b>	Explorar o simulador para entender as variáveis de estados dos gases e as transformações gasosas.
<b>Aula 2 - Transformações Gasosas</b>	Através dos dados coletados, desenvolver os modelos matemáticos correspondentes às transformações e utilizar a linguagem gráfica.
<b>Aula 3 - Equação de Clapeyron</b>	Estabelecer a relação $P.V / T$ e discutir a equação de Clapeyron.
<b>Aula 4 - Exercícios de apropriação</b>	Explorar diferentes exercícios para verificar a apropriação dos alunos com os conteúdos abordados.

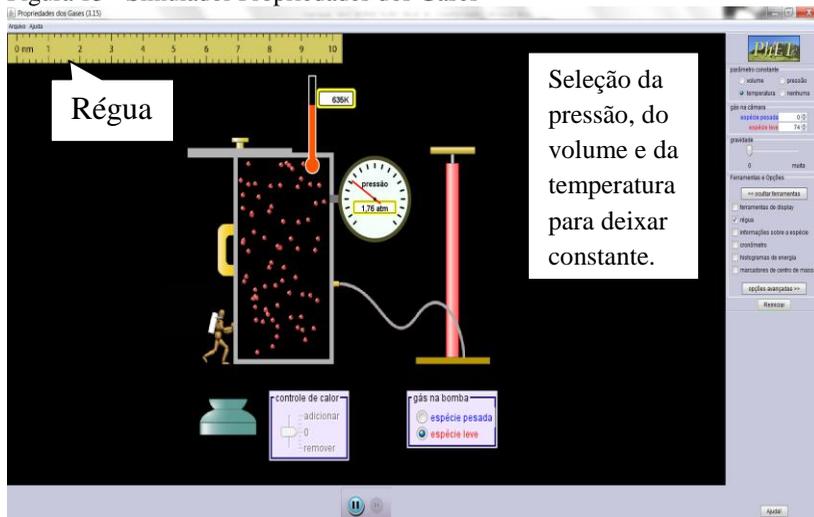
Fonte: autoria própria.

A simulação computacional que será utilizada nas práticas de ensino deste módulo é denominada "Propriedades dos Gases" (conforme Figura 13) e pode ser encontrada na página da *internet* citada no início desse capítulo. Esse simulador pode prever mudanças nas variáveis de estado do gás (pressão, volume e temperatura) e também, a influência do calor nas transformações gasosas. Para isso, ele disponibiliza funções para: adicionar moléculas (leves e pesadas), adicionar ou retirar calor, manter uma variável de estado constante, verificar a velocidade das moléculas e etc.

### 1ª Etapa: Explorando o Simulador: Propriedades dos Gases.

Inicialmente sugerimos a exploração do simulador "*Propriedades dos Gases*" com o propósito de verificar o comportamento das variáveis de estado dos gases e construir os modelos matemáticos que descrevem as relações de proporções entre elas. É importante explicar aos alunos os ícones disponíveis e outras ferramentas possíveis de serem utilizadas, como por exemplo: a régua.

Figura 13 - Simulador Propriedades dos Gases



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties) acesso em: 04/03/2016.

Conforme a Figura 13 na parte superior à direita é possível escolher uma variável de estado - pressão, volume e temperatura - como parâmetro constante. Isso será efetuado para verificar o comportamento das grandezas frente às três situações possíveis. Reforçamos que ao selecionar o ícone que torna o volume constante, deve-se observar a relação entre pressão e temperatura, ao selecionar o ícone que torna a temperatura constante, observa-se a relação entre pressão e volume e por fim, com a pressão constante, verifica-se a relação entre volume e temperatura. Concomitante a essas observações os alunos poderão anotar os valores para a construção dos modelos matemáticos, sugerimos a construção de uma tabela para isso, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Transformações Gasosas

Volume Constante		Temperatura constante		Pressão constante	
T (K)	P (atm)	Volume (u.v.)	P (atm)	T (K)	Volume (u.v.)

Fonte: autoria própria.

Destacamos que o simulador não apresenta uma escala de medida para o volume, porém é possível adicionar uma régua (conforme a Figura 13) para verificar a variação em unidades de volume (u.v.), para isso deve-se selecionar o ícone "*ferramentas e opções*" e marcar a "*régua*".

Se não houver limitação de recursos (computadores, *tablets*, celulares e etc.), consideramos importante em um primeiro momento orientar os alunos para realizarem as observações descritas, coletando os dados e verificando as relações de proporções entre as variáveis de estado, para posteriormente o professor discutir os resultados. Caso a única possibilidade seja de utilizar o simulador para demonstração é importante explorá-lo em conjunto (professor e alunos) para a coleta de dados.

### 2ª Etapa: Construção dos modelos matemáticos.

Após a coleta de dados e a discussão dos resultados (relação de proporção entre as variáveis de estado), pode-se solicitar aos alunos a construção de três gráficos: pressão *versus* temperatura, pressão *versus* volume e volume *versus* temperatura. Em outro momento, o professor pode utilizar os dados de um grupo para construir os respectivos gráficos e paralelamente, enunciar as Leis de Charles, Gay-Lussac e Boyle.

Acreditamos que através dessa abordagem torna-se mais significativa a compreensão da Equação Clapeyron, possibilitando uma melhor apropriação das grandezas envolvidas para a construção da lei geral dos gases perfeitos. Além disso, é uma etapa que pode explorar as diferentes linguagens matemáticas - tabelas, equações e gráficos - para o entendimento do comportamento dos gases.

### 3ª Etapa: Exercitando!

Em sala de aula concomitante às discussões dos conteúdos serão resolvidos os "exercícios de sala" e sugerido aos alunos a resolução dos exercícios de aperfeiçoamento 1, 2, 5, 6 e 10 do Apêndice A. O restante

dos exercícios pode ser solicitado para resolverem como tarefa extraclasse.

#### 4.2.2 Módulo 2 - Modelo Cinético dos Gases

Para esse módulo a divisão de conteúdos é sugerida na Tabela 10 contando com 3 aulas de 55 minutos. Destacamos que novamente será utilizado o simulador "Propriedades dos Gases" já descrito anteriormente para demonstrar a relação entre velocidade e temperatura das moléculas. Os procedimentos a serem adotados para isto estão descritos na etapa 2 deste módulo.

Tabela 10 - Sugestão de Distribuição das Aulas: Modelo Cinético

<b>Plano de aulas</b>	<b>O que fazer?</b>
<b>Aula 5 - Hipóteses do modelo microscópico e pressão de um gás</b>	- Desenvolver o modelo de gás ideal, explicitando as hipóteses; - Construir a equação de pressão para um gás monoatômico.
<b>Aula 6 - Temperatura e energia cinética de um gás</b>	Desenvolver o entendimento das grandezas relacionadas, através dos modelos matemáticos conhecidos e ainda, verificar com o simulador essas relações.
<b>Aula 7 - Exercícios de apropriação</b>	Explorar diferentes exercícios para verificar a apropriação dos alunos com os conteúdos abordados.

Fonte: autoria própria.

##### 1ª Etapa: O Modelo Cinético do Gás Ideal.

No primeiro momento, entendemos a necessidade de se discutir o modelo microscópico para o gás ideal, relacionando a teoria cinética dos gases ideais com as leis da Mecânica de Newton e explicitando as quatro hipóteses referentes ao modelo do gás. Pensamos que o uso simulador "*Propriedades dos Gases*" pode auxiliar nesse processo, reduzindo as abstrações.

1. As moléculas efetuam movimentos em todas as direções, regido pelos princípios fundamentais da mecânica clássica.

2. As moléculas não exercem força umas sobre as outras, exceto quanto colidem entre si (observar o que ocorre no gás real e no gás ideal).

3. As colisões das moléculas entre si e contra as paredes do recipiente que as contém são perfeitamente elásticas e de duração desprezível.

4. O volume total das moléculas é desprezível quando comparado ao volume do meio que estão inseridas.

Após a transposição do modelo cinético do gás ideal, indicamos a construção dos modelos matemáticos de pressão e energia cinética. Nessa etapa é interessante construir um modelo para o movimento de uma molécula em um cubo de aresta "L" conforme pode ser verificado no apêndice A, para assim explorar os conceitos de pressão, de velocidade e do teorema do impulso, construir a equação de pressão

$$P = \frac{1}{3} \frac{mv^2}{V}$$
 para relacionar a pressão com as colisões das moléculas nas paredes do recipiente.

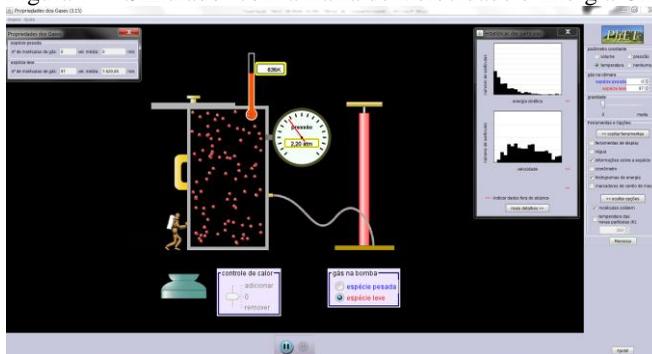
### 2ª Etapa: Energia Cinética do Gás e Temperatura.

Utilizando as equações de pressão, de energia cinética e a de número de moles, pensamos na possibilidade de junto aos alunos elaborar o modelo matemático que relacione energia cinética e

temperatura, resultando na equação  $E_c = \frac{3}{2} nRT$ . Ainda nessa etapa, achamos oportuno a dedução da velocidade quadrática média para discutir a definição de que a temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas que constituem um gás.

Sugerimos que a conclusão desta etapa utilize a simulação computacional com o objetivo de apresentar aos alunos as medidas de velocidade média e temperatura, para isso deve se selecionar na barra "*ferramentas e opções*" o ícone "*informações sobre a espécie*" e assim abrirá no canto superior esquerdo uma janela que apresenta a velocidade média, conforme a Figura 14. É possível realizar duas experiências com essa interface: a primeira consiste em ceder ou retirar calor através do "controle de calor" e a segunda, variar a pressão com a função "gás na bomba". Em ambas experiências verifica-se a relação entre temperatura e velocidade das moléculas.

Figura 14 - Simulador com a Barra de Velocidade e Energia Cinética



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties) acesso em: 04/03/2016.

### 3ª Etapa: Exercitando!

Em sala de aula concomitante as discussões dos conteúdos serão resolvidos os "exercícios de sala". Chamamos a atenção ao exercício de sala 2, o qual tem o objetivo de construir a equação de energia cinética por molécula. Além disso, sugerimos que os alunos resolvam os exercícios 1, 3 e 6 em sala de aula e o restante deverá ser resolvido extraclasse. Todos os exercícios citados estão no Apêndice A.

## 4.2.3 Módulo 3 - Termodinâmica

Este módulo compreende conhecimentos amplamente utilizados em diversas áreas, como por exemplo, motores à combustão e refrigeradores. Tendo isso em vista, é importante destacar isso para os alunos, contextualizando essas aplicações com os conteúdos de física relacionados. Para organizar uma sequência didática que contemple a construção de modelos e a utilização de simulações, sugerimos a programação das aulas conforme a Tabela 11 em que trata de 7 aulas de 55 minutos.

Para o desenvolvimento do módulo utilizaremos a simulação computacional "*Formas de energia e suas transformações*" com a interface apresentada na Figura 15, a qual foi descrita no início do capítulo. Essa simulação tem a característica de poder escolher a fonte de energia e os dispositivos que recebem e convertem a energia. Também, serão utilizados as simulações do Ciclo de Carnot e do Ciclo de Otto do NOA - UFPB, ambos permitem a interação com o aluno ou

professor e dispõem de uma animação interativa, descrição teórica do ciclo e gráficos de pressão *versus* volume.

Tabela 11 - Sugestão de Distribuição das Aulas: Termodinâmica

<b>Plano de aulas</b>	<b>O que fazer?</b>
<b>Aula 8 - Trabalho e Energia Interna</b>	Descrever a relação de trabalho e energia interna, utilizando o modelo cilindro com pistão móvel.
<b>Aula 9 - Primeira Lei da Termodinâmica</b>	Compreender a Primeira Lei da Termodinâmica como sendo consequência da conservação de energia e ainda, mostrar a aplicação dessa lei nas diferentes transformações gasosas.
<b>Aula 10 - Transformação Adiabática e Cíclica</b>	Descrever as transformações colocando as características de cada uma, mostrando exemplos.
<b>Aula 11 - Segundo Lei da Termodinâmica</b>	Apresentar os enunciados de Clausius e Kelvin através de modelos e construir a equação de rendimento e eficiência, contextualizando a máquina térmica e a máquina frigorífica.
<b>Aula 12 - Ciclos Termodinâmicos</b>	Discutir os ciclos de Otto e Carnot utilizando simulação computacional.
<b>Aula 13 - Entropia</b>	Desenvolver o conceito de entropia utilizando o sistema de expansão livre.
<b>Aula 14 - Exercícios de Apropriação</b>	Explorar diferentes exercícios para verificar a apropriação dos alunos com os conteúdos abordados.

Fonte: autoria própria.

1ª Etapa: Trabalho e Energia Interna.

Inicialmente os primeiros conceitos a serem estudados: trabalho de um gás e energia interna. Para o "Trabalho de um Gás" consideramos importante o desenvolvimento do modelo matemático para determinar a medida dessa grandeza física apoiando-se na definição do trabalho de uma força ( $\tau = F.d.\cos \alpha$ ) e no sistema do cilindro com pistão móvel.

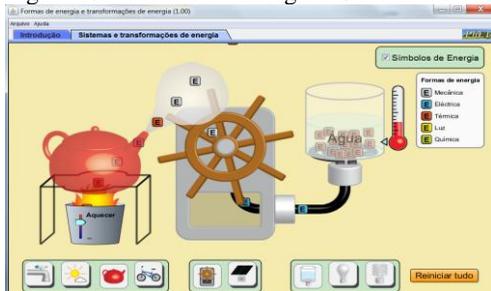
Com isso é possível estabelecer a relação matemática  $\tau = P \cdot \Delta V$ , a qual determina a medida do trabalho em transformações isobáricas e a relação gráfica *Pressão x Volume*, em que através da área do gráfico obtém o trabalho para qualquer transformação.

Quanto à energia interna de um gás deve ser trabalhada apoiando-se na teoria cinética dos gases, no sentido de relacioná-la com a energia cinética das moléculas e reforçando o caráter de dependência com a temperatura e com as condições intrínsecas.

### 2ª Etapa: Primeira Lei da Termodinâmica

Com o entendimento de Trabalho e Energia Interna, exploraremos a Primeira Lei da Termodinâmica, a qual é fundamentada no princípio da conservação de energia. Planejamos para isso a utilização da simulação "*Formas de energia e suas transformações*" (conforme Figura 15) com o objetivo de verificar as diferentes transformações de energia. Em seguida, através do modelo cilindro com pistão móvel, pensamos em contextualizar a Primeira Lei da Termodinâmica explicando como os conceitos de calor, trabalho e energia interna estão presentes e também, avaliando como estas grandezas se comportam nas diferentes transformações gasosas.

Figura 15 - Formas de Energia e Suas Transformações



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes) acesso em: 07/03/2016.

### 3ª Etapa: Transformação Adiabática e Transformação Cíclica

Há duas transformações: a transformação adiabática e da transformação cíclica. Consideramos importante o entendimento delas para aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica, em que através das definições de ambas deve ficar claro para os alunos que no caso da transformação adiabática a quantidade de calor trocada com o meio externo será nula e, para o caso da transformação cíclica a variação da

energia interna do ciclo será nula. Para o desenvolvimento dessa etapa sugerimos a explicação a partir de gráficos.

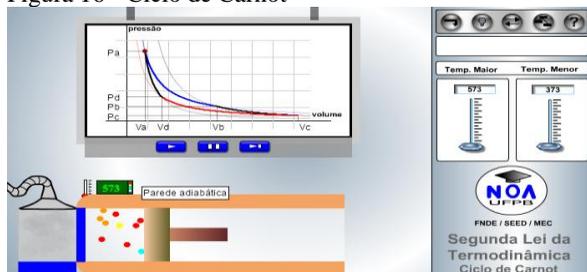
#### 4ª Etapa: A Segunda Lei de Termodinâmica

A descrição da Segunda Lei da Termodinâmica está associada ao entendimento de transformações reversíveis e irreversíveis em que pode ser realizado através de exemplos simples, tais como o de um bloco desce um plano inclinado sem atrito e colide com uma mola ideal na base do plano e o mesmo bloco desce um plano inclinado com atrito e colide uma mola ideal na base do plano ou ainda, com um objeto em queda livre e outro objeto em uma queda com forças dissipativas. Com essa abordagem contextualiza-se a Segunda Lei da Termodinâmica apoiando-se nos enunciados de Clausius e Kelvin e em modelos representativos para desenvolver os correspondentes modelos matemáticos.

Nessa perspectiva achamos interessante modelizar uma máquina térmica e uma máquina frigorífica, com os elementos básicos: fonte quente, fonte fria e máquina, associando a exemplos simples (máquinas a vapor e refrigeradores) e construindo o modelo matemático de energia, rendimento e eficiência.

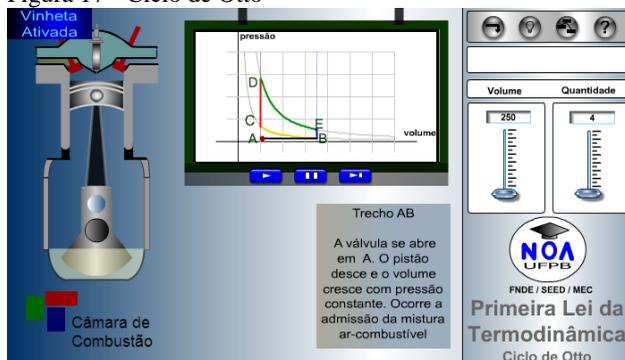
Como aplicação das leis da termodinâmica, destacamos a descrição do Ciclo de Carnot e o Ciclo de Otto, debatendo as transformações que ocorrem em cada ciclo e para a máquina de Carnot, descrevemos o rendimento máximo destacando que o mesmo é uma função da temperatura da fonte quente e da temperatura da fonte fria. Para reforçar os conhecimentos desenvolvidos nesses ciclos, recomendamos a exploração das simulações/animações computacionais representadas nas Figuras 16 e 17, as quais descrevem as etapas presentes nos mesmos, possibilitando a interação pela variação do volume e da temperatura.

Figura 16 - Ciclo de Carnot



Fonte: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot/animacao/anim.html> acesso em: 13/03/2016.

Figura 17 - Ciclo de Otto



Fonte: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15cOtto/animacao/anim.html> acesso em: 13/03/2016.

#### 4ª Etapa: Entropia.

A entropia é um conceito pouco discutido no Ensino Médio. Consideramos pertinente abordar a entropia e a variação da entropia como sendo uma propriedade intrínseca dos sistemas e que está ligada a desordem dos processos naturais. Com o objetivo de demonstrar isso, sugerimos o uso do modelo de expansão livre do gás, explicando as transformações irreversíveis e ainda, discutindo a variação da entropia

através da equação  $\Delta S = \frac{Q}{T}$ .

#### 5ª Etapa: Exercitando.

Em sala de aula concomitante as discussões dos conteúdos serão resolvidos os "exercícios de sala" e para verificar a compreensão dos conteúdos sugerimos que os alunos resolvam os exercícios 1, 2, 5, 7, 8, 10 e 12 em sala de aula e o restante deverá ser resolvido extraclasse. Todos os exercícios mencionados estão disponíveis no Apêndice A.



## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para avaliar a aplicação da sequência didática com as estratégias de modelagem e simulações computacionais, primeiramente será descrita simplificadamente como foi à aplicação da sequência didática proposta neste trabalho e como será aplicado um questionário (anexo 2) com 9 questões objetivas e 1 questão discursiva, o qual elaboramos com o objetivo de avaliarmos algumas questões pertinentes para práticas futuras. Destaca-se que no dia de aplicação do mesmo, verificamos que havia 22 alunos presentes, sendo que a turma era composta por 28 alunos.

### 5.1 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Entendemos que a análise da sequência didática é de suma importância para aperfeiçoar futuras aplicações e o desenvolvimento de outras propostas. Com esses pressupostos, descreveremos brevemente o que ocorreu durante a aplicação da sequência didática que utiliza a metodologia de ensino por modelagem e simulações computacionais.

O primeiro módulo sugere quatro aulas, porém ao executar o planejado três aulas de 55 minutos foram suficientes. Na primeira aula, os alunos utilizaram (em *tablets*, celulares e *notebooks*) o simulador computacional e sob orientações coletaram dados para o entendimento das transformações gasosas, destacou-se aqui o fato dos alunos verificarem no simulador o ZERO KELVIN. Na segunda aula foi desenvolvido o que estava planejado para as próximas duas aulas, ou seja, através dos dados coletados discutimos e construímos os modelos relacionados às transformações gasosas. Na última aula deste módulo foram solicitados os exercícios descritos na sequência como forma de avaliar a compreensão deles e foi percebido algumas dificuldades com operações matemáticas.

O segundo módulo foi executado conforme planejado, pensamos ser interessante registrar que este módulo é curto, porém matematicamente complexo (segundo alguns alunos). Apesar das dificuldades matemáticas, os alunos consideraram importante a descrição matemática da pressão de um gás monoatômico, da velocidade quadrática média e da energia cinética para o entendimento do conceito de temperatura.

O último módulo, que estava planejado em sete aulas, foi executado conforme o planejamento, porém destacou-se que o tempo

planejado deveria ser maior e que os modelos matemáticos construídos eram mais simples quando comparados ao módulo anterior. Foi observado um entendimento maior pelos alunos. Ao contrário do primeiro módulo, em que se iniciou com simulações para a descrição matemática, neste módulo a partir das leis físicas e modelos matemáticos explorou-se as simulações do Ciclo de Carnot e do Ciclo de Otto. De maneira geral, não consideramos possível avaliar qual estratégia é mais adequada, a adotada no primeiro módulo ou a do último módulo.

Por fim, como obrigatoriedade do programa da disciplina de Física foi aplicada uma avaliação (anexo 1) com os alunos e a média obtida foi de 5,3, a qual está abaixo do esperado e da média da instituição. É complicado descrever os motivos para esta média, mas pensamos que o fato de ser fim do semestre foi determinante.

## 5.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

De forma objetiva, analisaremos a seguir as questões individualmente.

**Questão 1.** Como você avalia o processo de ensino de Física na sua instituição de ensino?

bom.  excelente.  regular.  ruim.  péssimo.

Esta questão foi elaborada com o objetivo de verificar a opinião dos alunos quanto ao ensino de Física, pois consideramos importante esse *feedback* para refletimos a coerência das respostas futuras. Verificamos que 18 alunos responderam bom, 3 excelente e 1 regular, ou seja, nenhum aluno respondeu ruim ou péssimo.

**Questão 2.** Como você avalia o uso de diferentes tecnologias de ensino (simulações, vídeos, experimentos e etc.) nas aulas de Física durante o seu curso?

bom.  excelente.  regular.  ruim.  péssimo.

Quando questionados sobre o uso de diferentes tecnologias, 8 alunos responderam bom, 12 excelente e 2 regular. Acreditamos que isso está associado ao fato de parte das aulas de Física serem realizadas concomitantemente no laboratório de Física da instituição.

**Questão 3.** Você acredita que a utilização de diferentes tecnologias de informação pode melhorar a sua compreensão dos conhecimentos abordados em sala de aula?

Sim.  Não.  Depende do conteúdo abordado.

Ao questionarmos se o uso de tecnologias de informação influencia na compreensão, 18 acreditam que sim e 4 pensam que depende do conteúdo abordado. É possível que isso seja resultado das discussões sobre o papel da simulação computacional na construção do conhecimento.

**Questão 4.** Frente às aulas com explanação do conteúdo e descrição do mesmo no quadro, as simulações podem conferir um significado diferente às aulas, de forma a reduzir as abstrações?

- Concordo.                       Concordo parcialmente.  
 Discordo.                       Não sei opinar.

Esta questão complementa a anterior, porém aqui de maneira direta questionou-se a redução das abstrações com o uso de simulações e as respostas obtidas foram 16 "concordo" e 6 "concordo parcialmente". Pode-se concluir que há coerência entre as respostas da questão 5 e 6 e isso se justifica ao observar 18 "sim" (na questão 5) e 16 "concordo" (na questão 6), ou seja, a redução das abstrações pode auxiliar na compreensão dos conhecimentos transpostos em sala de aula.

**Questão 5.** Durante sua vida escolar, como você classifica a utilização de simulações computacionais nas práticas de ensino das diferentes disciplinas?

- Nunca havíamos utilizado.  
 Utilizamos muito pouco.  
 Utilizamos moderadamente.  
 Utilizamos frequentemente.

A questão 5 revelou algo que era esperado, 4 alunos responderam "nunca havíamos utilizado", 15 que "utilizamos muito pouco" e 3 que "utilizamos moderadamente", isso demonstra que apesar de dispormos de tecnologias da informação e comunicação na rede, pouco se utiliza. As justificativas para isso são diversas, mas pensamos que diversificar na prática de ensino exige do professor preparo, e no caso de simulações computacionais, exige ainda mais, é necessário estudar o simulador para que o uso dele não seja simplesmente uma demonstração.

**Questão 6.** A Física é uma ciência que utiliza a linguagem matemática na descrição de fenômenos. Qual a sua compreensão em relação a essa linguagem?

- boa.                       excelente.                       regular.  
 ruim.                       péssima.

Nesta questão iniciou-se o foco para a Matemática que seguirá até a questão 9. Quando questionados aqui sobre a compreensão que eles têm da linguagem matemática, surpreendentemente as respostas foram 7 "boa", 6 "excelente" e 9 "regular".

**Questão 7.** A descrição da Física através da linguagem matemática transmite maior significado do fenômeno observado, e por muitas vezes, a transposição dessa não é dada a devida importância, ou seja, as equações são simplesmente colocadas no quadro. Você pensa que isso é...

bom.  excelente.  regular.  ruim.  péssimo.

Ao colocar que por muitas vezes não se dá devida importância para a linguagem matemática na descrição dos fenômenos observados, 6 pensam que isso é "regular" (no sentido de indiferente) 10 que é "ruim" e 6 "péssimo". Isso gera uma reflexão sobre a importância da mesma na descrição da Física.

**Questão 8.** Na compreensão da Física, utilizam-se frequentemente os modelos representativos e matemáticos, como por exemplo, na descrição de Gases e da Termodinâmica. Como esses modelos auxiliam você no entendimento dos conteúdos?

pouco.  muito.  razoavelmente.  não auxiliam.

Nesta questão focou-se aos modelos desenvolvidos para a compreensão de Gases e Termodinâmica, observou-se que 1 aluno respondeu "pouco" auxiliam no entendimento, 9 alunos concordaram que auxilia "muito" e 12 alunos responderam que auxilia "razoavelmente".

**Questão 9.** Como você classifica a utilização e a descrição dos modelos matemáticos para o entendimento de diferentes conteúdos de Física?

importante.  
 desprezível.  
 não faz diferença.  
 prefiro a física apenas com conceitos.

A questão 9 está pautada em verificar se os alunos reconhecem que o formalismo matemático na compreensão dos conteúdos de Física, surpreendentemente 19 alunos consideram importante, apenas um respondeu que não faz diferença e 1 aluno não respondeu e relatou que "a importância varia de indivíduo para indivíduo".

**Questão 10.** De maneira geral, como você avalia o ensino de determinado conteúdo de Física através de simulações computacionais, devido às limitações experimentais e também, a articulação entre essas simulações com a construção dos modelos matemáticos relacionados?

Com o objetivo de verificar com os estudantes o papel das simulações e modelos matemáticos no ensino de Física elaboramos a questão, em que eles tinham a liberdade de expressar as suas opiniões. Verificamos que apenas 2 alunos optaram por não responder e algumas respostas que sintetizam as demais estão redigidas a seguir.

*"Eu acho que é de grande ajuda devido a facilidade de observação dos fenômenos nos módulos".*

*"Os modelos matemáticos e simulações ajudam a entender melhor os conteúdos e a ver suas aplicações de forma mais clara".*

*"Acho que deveriam haver mais simulações, pois assim podemos compreender de uma maneira prática o conteúdo".*

*"Eu acho importante pois experimentos não são sempre fáceis de entender. Mas com uma simulação você pode controlar diversos fatores o que ajuda no entendimento".*

*"As simulações são importantes muitas vezes para ajudar a compreensão da matéria abordada, embora acho que deve ser acompanhada com matéria teórica mais aprofundada para garantir o entendimento da simulação apresentada".*

As respostas na sua maioria transmitem a ideia das redigidas acima. O que se pode constatar nelas é que eles reconhecem a importância das simulações computacionais na compreensão dos conteúdos, porém quanto aos modelos matemáticos, apesar das respostas satisfatórias nas questões de 6 a 9, poucos argumentaram a importância destes.

De maneira geral, com esse questionário foi possível observar alguns aspectos, diversificar as estratégias de ensino promove uma aproximação do estudante com o conhecimento científico abordado, as simulações computacionais auxiliam no processo de apropriação e compreensão dos conteúdos trabalhados, a construção dos modelos matemáticos é vista como elemento importante para a interpretação dos fenômenos e por fim, os alunos são críticos e reconhecem o uso de diferentes estratégias de ensino.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho descreveu uma estratégia de ensino pautada na utilização recursos computacionais, o que não caracteriza algo inovador, porém a elaboração desse tipo de prática de ensino requer estudo, planejamento e dedicação. É possível através do mesmo, tecer alguns comentários acerca das estratégias de ensino utilizadas, a modelagem e as simulações computacionais.

A modelagem é bastante empregada no ensino de ciências embora muitas vezes quem a utiliza não domina os conhecimentos envolvidos e também, não os torna claro ao aprendiz. Por outro lado, a construção de ciência sem a concepção de modelos é algo impossível de ser feito, pois estes se articulam a teoria de maneira a facilitar o sua compreensão. Portanto, o processo de modelagem é fundamental no ensino de Física dando subsídio ao formalismo matemático presente na descrição de conceitos físicos.

Além disso, sabe-se que a modelagem é o que dá suporte às simulações computacionais, sendo que estas são consequências de modelos científicos. O uso de simulações computacionais requer este tipo de conhecimento, para assim ser possível construir uma estratégia de ensino coesa e consistente. A falta de conhecimento das simulações disponíveis na *internet* livremente corrobora para o desuso ou para o uso impróprio, banalizando o papel que as mesmas podem desempenhar.

No caso particular deste trabalho foi possível explorar quatro simulações e os resultados apresentados pelos alunos com o questionário foram positivos, de maneira geral os alunos colocaram que as mesmas possibilitaram uma melhor compreensão dos conteúdos trabalhados, reduzindo a distância existente entre eles e o conhecimento científico. Os conhecimentos de física desenvolvidos foram de Gases e Termodinâmica; normalmente o ensino destes é visto como maçante por diversos motivos, os quais pode-se citar, o fato de ser bastante teórico, a dificuldade de se realizar experiências e também, o grau de abstração exigido.

Nessa perspectiva, pensamos que a modelagem tem um papel fundamental no âmbito da representação e do formalismo matemático, já as simulações computacionais desempenham papéis essenciais na ausência de experimentações, as quais podem ser complexas de se realizar.

Por fim, esperamos que o trabalho desenvolvido colabore para as práticas de ensino de outros colegas e inspire na construção de estratégias de ensino motivadoras e consistentes.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Modelagem computacional no ensino de física. XXIII ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, 2005.
- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos na Cinemática. *Rev. Bras.de Ens. de Fís.* v. 26, n. 2, p. 179 - 184, 2004.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.* Brasília: MEC, SEMTEC, 2000.
- CAMILETTI, G. FERRACIOLI, L. A utilização da modelagem computacional semiquantitativa no Estudo do Sistema-Mola-Massa. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, vol. 24, no. 2, Junho, 2002.
- CARVALHO, J. C. N. Modelagem Computacional no Ensino de Física. Relatório de Pesquisa. Fortaleza / CE: 2013.
- DORNELES, P.F.T.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. *Rev. Bras.de Ens. de Fís.* v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.
- HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. Phys.* Vol. 55, n. 5, 440 – 454, 1987. Disponível em: <http://modeling.asu.edu/R&E/ModelingThryPhysics.pdf>.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física: Contexto e aplicações. Vol. 2, 1ª edição. São Paulo, SP: Scipione, 2014.
- MEDEIROS, A. MEDEIROS, C.F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de Física. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, vol. 24, no. 2, Junho, 2002.

PIETROCOLA, M. O., POGIBIN, A., ANDRADE, R., ROMERO, T. R. *Física. Movimentos em contextos pessoal, social, histórico*. Vol. I, 1 ed. São Paulo, SP: Editora FTD, 2013.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. 10ª edição, Vol. 2. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2009.

SANTOS, A.C.K.; VARGAS, A.P.; MENDIZABAL, O.M.; MADSEN, C.A. *O ModelCiências - um portal para o projeto Modelagem Semiquantitativa e Quantitativa da Educação em Ciências. Educar, Curitiba, Especial, p. 217-235, 2003. Editora UFPR.*

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. *M. Física, Ciência e Tecnologia – Vol. 2, 3ª edição. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2013.*

VEIT, E. A. e TEODORO, V. D. *Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Rev. Bras. Ens. Fís. Vol. 24, n. 2, 87 – 96, 2002.*

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Material Complementar para o Aluno

### 1. ORIENTAÇÕES INICIAIS

#### 1.1 O QUE É ESTE MATERIAL?

Este material é uma ferramenta para auxiliar na compreensão das aulas referentes ao ensino de Gases e Termodinâmica. Para isso será descrito os objetivos de aprendizagem de cada módulo e disponibilizado exercícios relacionados aos conteúdos ensinados.

#### 1.2 O QUE VOCÊ IRÁ APRENDER EM CADA MÓDULO E QUAIS OS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAGEM?

Para responder essa pergunta observe a tabela seguir:

<b>Módulo</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>
1. Introdução a Gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender a relação das grandezas físicas, pressão, volume e temperatura, na descrição do comportamento dos gases;</li> <li>- Identificar as diferentes transformações gasosas, descritas pelas Leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac.</li> </ul>
2. Teoria Cinética dos Gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entender as características do modelo de um gás ideal;</li> <li>- Estabelecer as relações entre as grandezas: pressão, temperatura, velocidade das moléculas e energia.</li> </ul>
3. Termodinâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender os conceitos de calor e trabalho de um gás;</li> <li>- Articular o princípio da conservação de energia a 1ª Lei da Termodinâmica;</li> <li>- Entender o significado da transformação adiabática e da transformação cíclica;</li> <li>- Compreender os</li> </ul>

	enunciados de Clausius e Kelvin e relacioná-los com a Segunda Lei da Termodinâmica.
--	---

### 1.3 COMO ESTÃO ORGANIZADOS OS EXERCÍCIOS?

Os exercícios estão organizados em exercícios de sala de aula e exercícios de aperfeiçoamento e foram extraídos de diferentes livros didáticos e diferentes vestibulares. O objetivo principal desses exercícios é verificar a sua capacidade para solucionar diferentes situações dos conteúdos abordados, ou seja, averiguar se a metodologia utilizada explora os conhecimentos científicos de maneira que você (aluno) tenha condições de se apropriar desses conhecimentos, para assim, ser capaz de utilizá-los.

## 2. EXERCÍCIOS

### 2.1 MÓDULO 1 - INTRODUÇÃO A GASES

#### Exercícios de Sala

1. A tabela mostra como varia o volume  $V$  de certa quantidade de um gás ideal em função da temperatura absoluta  $T$ .

Volume ( $\text{cm}^3$ )	Temperatura (K)
10	50
15	75
30	150
40	200
90	450

- Determine o tipo de transformação que o gás está sofrendo.
- Trace o gráfico correspondente a essa transformação.

2. Um mol de certo gás ideal exerce a pressão de 1atm a  $0^\circ\text{C}$ . Sendo a constante universal dos gases perfeitos  $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$ , determine o volume ocupado por esse gás.

3. Um balão é inflado com oxigênio ( $M = 32 \text{ g/mol}$ ), supondo o gás ideal, ficando com volume de 2 L e pressão de 1,5 atm. Esse enchimento é feito à temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . O balão estoura se a pressão atingir 2,0 atm. Aquecendo-se o balão, observa-se que, imediatamente antes de estourar, o volume é 3,0 L.

- a) A que temperatura o balão estourou?
- b) Qual a massa de oxigênio colocada no balão?

### **Exercícios de Aperfeiçoamento**

1. Sob pressão e temperatura normais (1 atm e  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), o mol de um gás ideal ocupa o volume de 22,4 L. Sendo o número de Avogadro  $N_A = 6,023 \times 10^{23}$ , determine o número de moléculas do gás existente no volume de 112 L do gás, medido nas mesmas condições de pressão e temperatura?

2.(Fuvest-SP) Uma certa massa de gás ideal, inicialmente à pressão  $p_0$ , volume  $V_0$  e temperatura  $T_0$  é submetida à seguinte sequência de transformações:

- I. É aquecida a pressão constante até que a temperatura atinja o valor  $2T_0$ .
- II. É resfriada a volume constante até que a temperatura atinja o valor inicial  $T_0$ .
- III. É comprimida a temperatura constante até que atinja a pressão inicial  $p_0$ .

- a) Calcule os valores da pressão, temperatura e volume no final de cada transformação.
- b) Represente as transformações num diagrama pressão versus volume.

3. (UFC-modificada) Um cilindro, cujo volume pode variar, contém um gás perfeito, à pressão de 4 atm, a uma temperatura de 300K. O gás passa, então, por dois processos de transformação:

- I) seu volume aumenta sob pressão constante até duplicar, e
- II) retorna ao volume original, através de uma compressão isotérmica.

Represente graficamente a situação descrita e determine a temperatura e a pressão do gás, ao final dos dois processos.

4. Ar do ambiente, a  $27^{\circ}\text{C}$ , entra em um secador de cabelos (aquecedor de ar), e dele sai a  $57^{\circ}\text{C}$ , voltando para o ambiente. Represente essa situação através de um gráfico  $V \times T$  e calcule a razão entre o volume de uma certa massa de ar quando sai do secador e o volume dessa mesma massa quando entrou no secador.

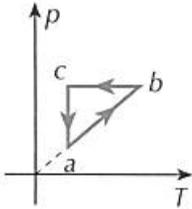
5. Antes de iniciar uma viagem, um motorista cuidadoso calibra os pneus de seu carro, que estão à temperatura ambiente de  $27^{\circ}\text{C}$ , com uma pressão de  $30 \text{ lb/pol}^2$ . Ao final da viagem, para determinar a temperatura dos pneus, o motorista mede a pressão dos mesmos e descobre que esta aumentou para  $32 \text{ lb/pol}^2$ . O motorista lembrou-se das aulas de física no ensino médio, considerou que o volume dos pneus permaneceu inalterado e tratou o gás no interior como ideal, logo através da lei geral dos gases perfeitos determinou a temperatura dos pneus. Qual a temperatura encontrada por ele?

6. (UNIRIO-modificada) Exploração e Produção do Pré-sal. “As reservas de gás do campo Tupi podem chegar a 1,6 bilhão de barris, de acordo com a Petrobras.”

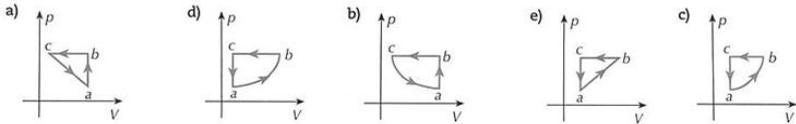
Embora a notícia acima seja alvissareira, ela não é clara do ponto de vista termodinâmico. Isto porque não são fornecidos os valores da pressão e da temperatura, para os quais é calculado o volume do gás. Admita que um volume desse gás é coletado no pré-sal a uma temperatura de  $57^{\circ}\text{C}$  e a uma pressão de  $275 \text{ atm}$  e que esta quantidade de gás é liberada ao nível do mar a uma temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ . Qual a razão entre o volume de gás liberado ao nível do mar e o volume de gás coletado, pelo fator?

7. (PUC-modificada) Uma panela de pressão é aquecida a partir da temperatura ambiente  $300\text{K}$  até a temperatura de  $600\text{K}$ . Sabendo que a pressão inicial da panela é  $P_0$  e que o volume da panela permaneceu constante durante este processo, determine a diferença de pressão na panela.

8. (UFC-CE) Um gás ideal sofre o processo cíclico no diagrama  $p \times T$ , conforme figura abaixo. O ciclo é composto pelos processos termodinâmicos  $a \rightarrow b$ ,  $b \rightarrow c$  e  $c \rightarrow a$ .



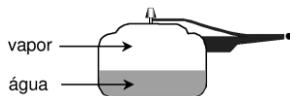
Assinale entre as alternativas abaixo aquela que contém o diagrama  $p \times V$  equivalente ao ciclo  $p \times T$ .



**9. (UEPB)** Um freezer foi regulado para manter a temperatura interior igual a  $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quando a temperatura exterior vale  $27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a pressão 1 atm, uma pessoa fecha a porta do freezer e liga-o. Após certo tempo ela tenta abri-lo, mas não consegue com facilidade. Isto ocorre por que:

- A pressão no interior do freezer é maior que a pressão no exterior e vale 1,2 atm.
- A pressão no interior do freezer é igual a pressão do exterior e vale 1,0 atm.
- A pressão no interior do freezer é menor que a pressão no exterior e vale 0,5 atm.
- A pressão no interior do freezer é menor que a do exterior e vale 0,9 atm.
- A pressão no interior do freezer é maior que a pressão do exterior e vale 1,5 atm.

**10. (UFPE)** Uma panela de pressão com volume interno de 3,0 litros e contendo 1,0 litro de água é levada ao fogo. No equilíbrio térmico, a quantidade de vapor de água que preenche o espaço restante é de 0,2 mol. A válvula de segurança da panela vem ajustada para que a pressão interna não ultrapasse 4,1 atm. Considerando o vapor de água como um gás ideal e desprezando o pequeno volume de água que se transformou em vapor, calcule a temperatura, em K:



- a) 400
- b) 420
- c) 420
- d) 470
- e) 500

## 2.2 MÓDULO 2 - TEORIA CINÉTICA DOS GASES

### Exercícios de Sala

1. Em relação à teoria cinética molecular dos gases, é CORRETO afirmar que:

- a) a energia cinética média de um conjunto de moléculas de um gás depende, apenas e exclusivamente, das massas das moléculas desse gás.
- b) quando quadruplicamos a temperatura absoluta de um conjunto de moléculas de um gás, suas moléculas terão velocidade média quadruplicada.
- c) quanto maiores as interações entre as moléculas de um gás, mais rigorosamente ele se comportará como um gás ideal.
- d) numa mesma temperatura, independentemente das massas molares de cada gás, as moléculas têm energias cinéticas médias iguais.
- e) as colisões entre moléculas de um gás perfeito com as paredes do recipiente que as contém são inelásticas para qualquer tipo de gás ideal.

2. A energia cinética de um gás é obtida pela expressão:  $E_c = \frac{3}{2} n.R.T$

, em que n representa o número de mol, R a constante universal dos gases perfeitos e T a temperatura absoluta. Sabendo que  $n = N/N_A$  ( $N_A$  é o número de Avogadro), elabore uma equação da energia cinética média por molécula.

3. Um gás ideal contido num recipiente sofre uma mudança na temperatura de 300 K para 1200 K. Qual a razão entre as velocidades

das moléculas desse gás  $\frac{v_{300}}{v_{1200}}$  ?

### **Exercícios de Aperfeiçoamento**

1. Com relação à teoria cinética dos gases, leia atentamente as afirmações a seguir e assinale a(s) correta(s).

( ) Energia cinética média é proporcional à temperatura de Kelvin.

( ) As partículas estão muito unidas e têm baixa velocidade.

( ) As partículas ocupam todo o volume disponível e têm movimento livre.

( ) As partículas possuem alta velocidade e ocorrem choques entre elas e contra as paredes do recipiente que as contém.

( ) As partículas efetuam um movimento desordenado.

( ) as partículas possuem alta velocidade e os choques entre elas são inelásticos.

( ) as partículas ocupam todo o espaço disponível e têm movimento livre.

( ) a velocidade quadrática média de um gás independe da natureza do gás.

( ) Quanto maior for o número de colisões de um gás com as paredes do recipiente em que está contido e entre suas partículas, maior será a pressão do gás.

2. Qual a velocidade média das moléculas de um gás que ocupa um recipiente de capacidade igual a 2 litros, tem massa igual a 20 gramas e pressão equivalente a 2 atmosferas?

3. Certa molécula de hidrogênio escapa de um forno ( $T = 4000$  K) com velocidade quadrática média e entra em uma câmara contendo átomos de argônio frio. Sendo a massa molar do  $H_2$  aproximadamente de 2,02 kg/mol, qual a velocidade da molécula de hidrogênio?

4. Um recipiente contém  $H_2$  a  $27^\circ C$ . Qual a energia cinética média de suas moléculas?

5. Sabendo-se que a massa de uma molécula de  $H_2$  é  $3,3 \times 10^{-27}$  kg, qual deve ser a sua velocidade para que ela tenha energia cinética igual ao valor calculado no exercício anterior?

6. Uma amostra de gás Hélio está a temperatura de 1000 K.

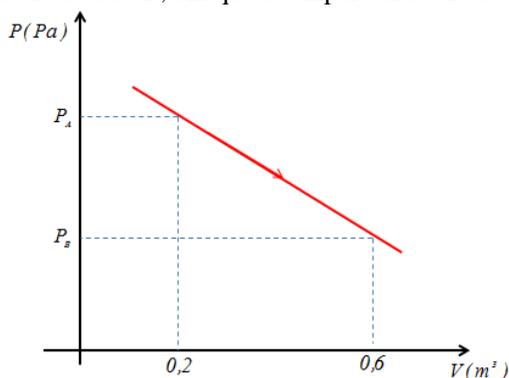
a) Calcule a energia cinética média das moléculas dessa amostra?

b) Se duplicarmos a temperatura absoluta da amostra, por quanto será multiplicado o valor da energia cinética média?

### 2.3 MÓDULO 3 - TERMODINÂMICA

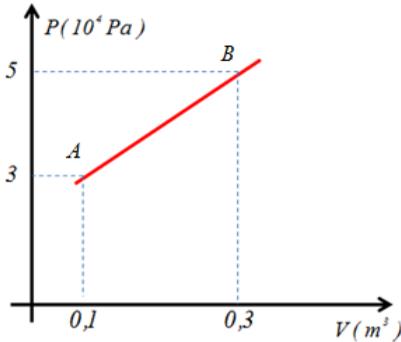
#### Exercícios de Sala

1. O gráfico mostra uma transformação sofrida por 4 mols de um gás perfeito a partir de um estado a, em que a temperatura de 500 K, até outro estado B, em que a temperatura vale 600 K.



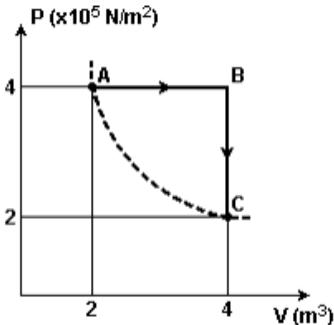
- Quais os valores de pressão em A e em B?
- Qual o trabalho do gás no processo?
- O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre o gás?

2. Seis mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico.



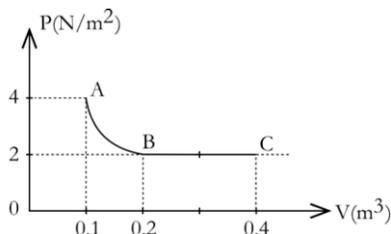
- Quanto variou a energia interna de A para B?
- Qual o trabalho realizado pelo gás ao passar de A para B?
- Quais os valores das temperaturas inicial e final?

3. (UFRRJ) A figura a seguir representa o gráfico  $p \times V$  de um gás, suposto ideal, que sofre primeiramente um processo isobárico, partindo do ponto A para o ponto B, e depois um processo isovolumétrico, atingindo o ponto C, que se situa sobre a mesma isoterma que A. Calcule:



- O trabalho realizado pelo gás ao final do processo ABC.
- O calor recebido pelo gás ao final do processo ABC.

4. (UFPB) Certa quantidade de gás ideal monoatômico é levada do estado A para o estado C através de uma transformação isotérmica AB, seguida de uma transformação isobárica BC, como indicado no gráfico. No processo completo ABC, o gás recebe  $2 \text{ J}$  de calor do meio ambiente. Sabemos, também, que a variação da energia interna no processo BC é de  $0,6 \text{ J}$ .



Com relação às transformações realizadas nesse processo, analise as afirmações e assinale a(s) correta(s).

- A variação da energia interna no processo AB é nula.
- O trabalho realizado pelo gás no processo BC é de  $0,4 \text{ J}$ .
- O trabalho realizado pelo gás no processo AB é de  $1,0 \text{ J}$ .
- A variação da energia interna no processo ABC é de  $0,8 \text{ J}$ .
- O calor absorvido no processo BC é de  $1 \text{ J}$ .

**5.** Uma caldeira, à temperatura de  $600 \text{ K}$ , fornece vapor correspondente a  $1000 \text{ kcal}$  em cada segundo, a uma turbina. O vapor, depois de passar pela turbina, cede ao condensador  $800 \text{ kcal}$  por segundo a uma temperatura de  $293 \text{ K}$ . Considerando  $1 \text{ cal} \approx 4 \text{ J}$ , determine a potência produzida por essa máquina e calcule seu rendimento.

**6.** Em uma máquina frigorífica, em cada ciclo do gás utilizado, são retirados  $120 \text{ J}$  do congelador. No processo a atmosfera recebe  $150 \text{ J}$ .

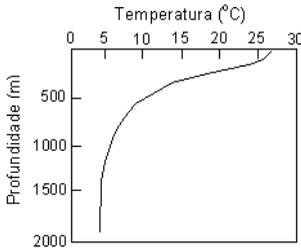
- Qual o trabalho do compressor em cada ciclo?
- Qual a eficiência da máquina?

**7.** Um motor térmico funciona segundo o ciclo de Carnot. A temperatura da fonte quente é  $400 \text{ K}$  e da fonte fria é  $300 \text{ K}$ . Em cada ciclo o motor recebe  $600 \text{ cal}$  da fonte quente. Determine:

- O rendimento desse motor.
- A quantidade de calor rejeitada para a fonte fria em cada ciclo.

**8.** (UFSC – adaptada) O uso de combustíveis não renováveis, como o petróleo, tem sérias implicações ambientais e econômicas. Uma alternativa energética em estudo para o litoral brasileiro é o uso da diferença de temperatura da água na superfície do mar (fonte quente) e de águas mais profundas (fonte fria) em uma máquina térmica para realizar trabalho.

(Desconsidere a salinidade da água do mar)



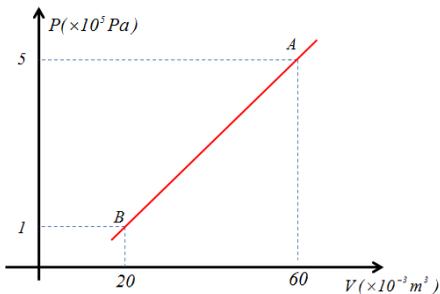
Qual o rendimento máximo de uma máquina que opera entre  $4^\circ\text{C}$  e  $27^\circ\text{C}$ ? É possível obter 100% de rendimento?

9. (Olimpíada Brasileira de Física) Assinale a seguir a alternativa que não é compatível com a segunda lei da Termodinâmica.

- A variação de entropia de qualquer sistema que sofre uma transformação termodinâmica é sempre positiva ou nula.
- A temperatura de zero absoluto é inatingível.
- Um refrigerador com a porta aberta jamais conseguirá por si só esfriar uma cozinha fechada.
- Nem todo calor produzido no motor a combustão de um automóvel é convertido em trabalho mecânico.
- O ar de uma sala de aula jamais se concentrará completa e espontaneamente em uma pequena fração do volume disponível.

### Exercícios de Aperfeiçoamento

1. A massa de 56 g de um gás de massa molar 28 g/mol, suposto ideal, sofre a transformação AB indicada no gráfico.



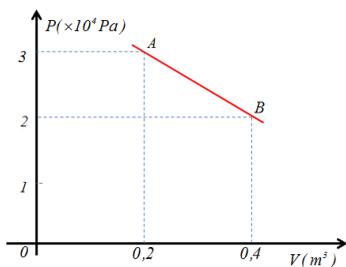
a) Determine as temperaturas  $T_A$  e  $T_B$  dos estados inicial e final da massa gasosa.

b) Calcule o trabalho realizado no processo AB.

c) O trabalho em questão é

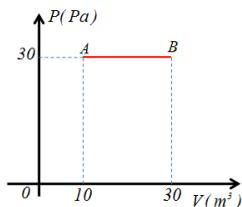
realizado pelo gás ou sobre o gás?

2. O gráfico indica uma transformação AB sofrida por 2 mols de um gás ideal monoatômico. Sendo  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ , determine:



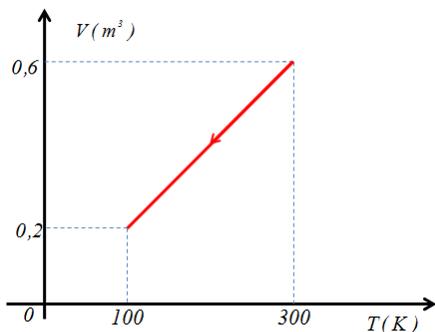
- as temperaturas inicial e final do gás.
- a variação da energia interna do gás no processo AB.
- o trabalho realizado pelo gás ao passar do estado A para o estado B.
- a quantidade de calor trocada pelo gás durante a transformação AB.

3. No processo isobárico indicado no gráfico a seguir, o gás recebeu 1500 J de energia do ambiente. Determine:



- o trabalho realizado na expansão.
- a variação da energia interna do gás.

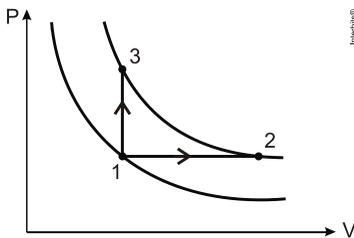
4. O gráfico representa uma compressão isobárica de um gás sob pressão de  $2 \times 10^3 \text{ Pa}$ . Sabendo que no processo o gás perdeu  $2,0 \times 10^3 \text{ J}$  de calor, determine:



- o número de mols do gás que sofre o processo.
- o trabalho realizado sobre o gás.
- a variação da energia interna sofrida pelo gás.

**5. (UFSM)** A invenção e a crescente utilização de máquinas térmicas, a partir da revolução industrial, produziram, ao longo de dois séculos, impactos ecológicos de proporções globais. Para compreender o funcionamento das máquinas térmicas, é necessário estudar os processos de expansão e compressão dos gases no seu interior. Em certas condições, todos os gases apresentam, aproximadamente, o mesmo comportamento. Nesse caso, são denominados gases ideais. Considere o diagrama pressão (P) x volume (V) para um gás ideal, sendo as curvas isotermas.

Analise, então, as afirmativas:



I. A energia interna do estado 1 é maior do que a energia interna do estado 2.

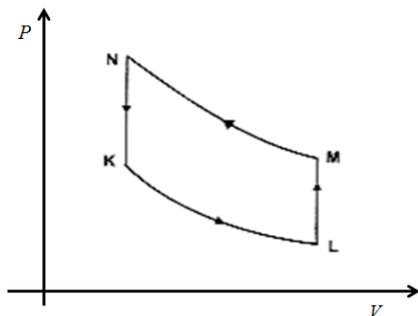
II. No processo  $1 \rightarrow 3$ , o gás não realiza trabalho contra a vizinhança.

III. No processo  $1 \rightarrow 2$ , o gás recebe energia e também fornece energia para a vizinhança.

Está(ão) correta(s):

- apenas I.
- apenas II.
- apenas III.
- apenas II e III.
- I, II e III.

**6. (UFMG)** A figura mostra o diagrama pressão  $p$  versus volume  $V$ , que representa as transformações sofridas por um gás ideal dentro de uma câmara. A seqüência de transformações sofridas é  $KLMN$  e está indicada pelas setas. As transformações de  $K$  para  $L$  e de  $M$  para  $N$  se realizam sem variação da temperatura.



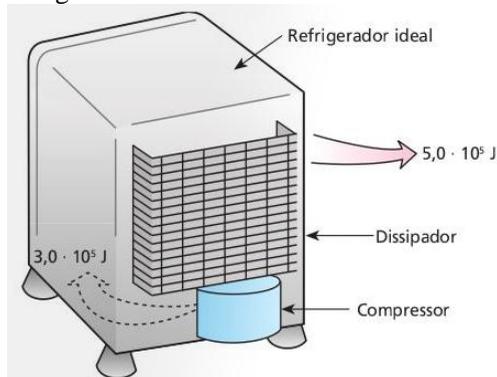
1. **INDIQUE**, explicando seu raciocínio, o(s) trecho(s) em que:

- o gás realiza trabalho positivo.
- o gás absorve calor.

2. **RESPONDA e JUSTIFIQUE** sua resposta:

- a temperatura no ponto N é maior, menor ou igual à temperatura no ponto L?
- a sequência de transformações KLMN corresponde ao ciclo de funcionamento de um motor ou de um refrigerador?

7. Em um refrigerador ideal, o dissipador de calor (serpentina traseira) transferiu  $5,0 \times 10^5$  J de energia térmica para o meio ambiente, enquanto o compressor produziu  $1,0 \times 10^5$  J de trabalho sobre o fluido refrigerante.

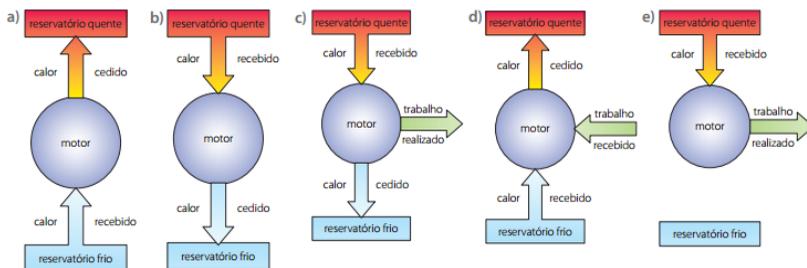


- Calcule a quantidade de calor retirada da câmara interna.

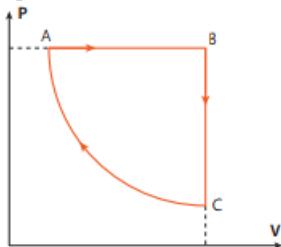
b) Calcule a temperatura da câmara interna, supondo que a temperatura ambiente fosse de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**8. (UEL-PR)** Leia o texto a seguir. Por trás de toda cerveja gelada, há sempre um bom freezer. E por trás de todo bom freezer, há sempre um bom compressor – a peça mais importante para que qualquer sistema de refrigeração funcione bem. Popularmente conhecido como “motor”, o compressor hermético é considerado a alma de um sistema de refrigeração. A fabricação desses aparelhos requer tecnologia de ponta, e o Brasil é destaque mundial nesse segmento. (KUGLER, H. *Eficiência gelada. Ciência Hoje*, v. 42, n. 252, p. 46, set. 2008.)

Assinale a alternativa que representa corretamente o diagrama de fluxo do refrigerador.



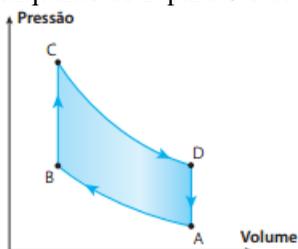
**9. (Unifor-CE)** Considere a transformação cíclica ABCA por que passa certo sistema termodinâmico. O trecho CA é parte de uma hipérbole equilátera.



- No trecho AB, o sistema recebe calor e realiza trabalho.
- No trecho BC, o sistema cede calor e realiza trabalho.
- No trecho CA não há troca de calor entre o sistema e o meio ambiente.
- No trecho CA não há realização de trabalho.

e) No ciclo ABCA, o trabalho realizado pelo sistema é maior do que o calor trocado com o meio ambiente.

**10.** (UFPA) O gráfico representado abaixo é um modelo ideal do ciclo das transformações que ocorrem em um motor à explosão de quatro tempos (de um automóvel, por exemplo), uma das máquinas térmicas mais populares que existem. As transformações são realizadas no interior de um cilindro, usando uma mistura de vapor de gasolina e ar (considerada um gás ideal), para produzir movimento em um pistão. As evoluções de A para B e de C para D são processos adiabáticos, enquanto de B para C e de D para A são processos isométricos.



Considerando o texto e o gráfico representados, analise as seguintes afirmações:

- I. Na transformação de A para B, o trabalho realizado é positivo.
- II. Na transformação de B para C, a variação da energia interna do gás é negativa.
- III. Na transformação de C para D, a temperatura do gás diminui.
- IV. A variação da entropia, na transformação reversível de C para D, é nula.

Estão corretas somente:

- a) I e II.
- b) III e IV.
- c) I e III.
- d) II e IV.
- e) II e III.

**11.** A energia interna  $U$  de uma certa quantidade de gás, que se comporta como gás ideal, contida em um recipiente, é proporcional à

temperatura  $T$ , e seu valor pode ser calculado utilizando a expressão  $U = 12,5T$ . A temperatura deve ser expressa em kelvins e a energia, em joules. Se inicialmente o gás está à temperatura  $T = 300 \text{ K}$  e, em uma transformação a volume constante, recebe  $1\,250 \text{ J}$  de uma fonte de calor, sua temperatura final será:

- a) 200 K.            b) 600 K.            c) 300 K.  
d) 800 K.            e) 400 K.

**12. (UDESC)** Um gás ideal sofre um processo cíclico, seguindo os passos:

I – no estado inicial o gás possui volume de  $1,0$  litro a pressão de  $2,0$  atm;

II – o gás expande-se à pressão constante, até alcançar o volume de  $2,5$  litros;

III – depois é resfriado a volume constante, até que sua pressão atinja  $1,0$  atm;

IV – nesse momento é comprimido a pressão constante, até que seu volume seja novamente de  $1,0$  litro;

V – por fim, é aquecido a volume constante, até retornar ao seu estado original.

Considere  $1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$

Para o ciclo descrito acima, a variação da energia interna e o trabalho relativo ao gás são, respectivamente:

- a) zero;  $152 \text{ J}$   
b) zero; zero  
c)  $152 \text{ J}$ ; zero  
d)  $-152 \text{ J}$ ;  $152 \text{ J}$   
e)  $-152 \text{ J}$ ; zero

**13.** Um escritório de patentes recebe um pedido de um inventor que deseja registrar uma máquina térmica que opera entre duas fontes de calor com temperaturas de  $227^\circ\text{C}$  e  $177^\circ\text{C}$ . Segundo o inventor, a máquina retira  $4,0 \times 10^5 \text{ J}$  de calor da fonte quente e realiza um trabalho útil  $5,0 \times 10^4 \text{ J}$  em cada ciclo de funcionamento. Nessas condições, é CORRETO afirmar:

- a) O pedido do inventor não pode ser aceito, pois a máquina, trabalhando entre essas temperaturas, não pode ter rendimento superior a 10%.
- b) O rendimento dessa máquina é superado por uma máquina de Carnot que opere entre essas fontes.
- c) O rendimento dessa máquina é igual ao de uma máquina de Carnot que opere entre essas duas fontes térmicas.
- d) A única forma de se melhorar o rendimento da máquina é que o inventor utilize combustível de melhor qualidade.

**14. (UEL-PR)** Uma das grandes contribuições para a ciência do século XIX foi a introdução, por Sadi Carnot, em 1824, de uma lei para o rendimento das máquinas térmicas, que veio a se transformar na lei que conhecemos hoje como Segunda Lei da Termodinâmica. Na sua versão original, a afirmação de Carnot era: todas as máquinas térmicas reversíveis ideais, operando entre duas temperaturas, uma maior e outra menor, têm a mesma eficiência, e nenhuma máquina operando entre essas temperaturas pode ter eficiência maior do que uma máquina térmica reversível ideal. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar:

- a) A afirmação, como formulada originalmente, vale somente para máquinas a vapor, que eram as únicas que existiam na época de Carnot.
- b) A afirmação de Carnot introduziu a idéia de Ciclo de Carnot, que é o ciclo em que operam, ainda hoje, nossas máquinas térmicas.
- c) A afirmação de Carnot sobre máquinas térmicas pode ser encarada como uma outra maneira de dizer que há limites para a possibilidade de aprimoramento técnico, sendo impossível obter uma máquina com rendimento maior do que a de uma máquina térmica ideal.
- d) A afirmação de Carnot introduziu a idéia de Ciclo de Carnot, que veio a ser o ciclo em que operam, ainda hoje, nossos motores elétricos.
- e) Carnot viveu em uma época em que o progresso técnico era muito lento, e sua afirmação é hoje desprovida de sentido, pois o progresso técnico é ilimitado.

**15. (UNIFOR-CE)** Uma máquina térmica, operando em ciclos, entre duas fontes a  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tem rendimento igual a 80% do rendimento que teria se estivesse operando segundo o ciclo de Carnot. Essa máquina retira  $5,0 \times 10^3$  cal da fonte quente em cada ciclo e realiza

10 ciclos por segundo. A potência útil que a máquina fornece, em kW, vale:

Considere:  $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

- a) 1,0
- b) 2,0
- c) 5,0
- d) 10
- e) 80

## APÊNDICE B - Material para o Professor



# Gases e Termodinâmica

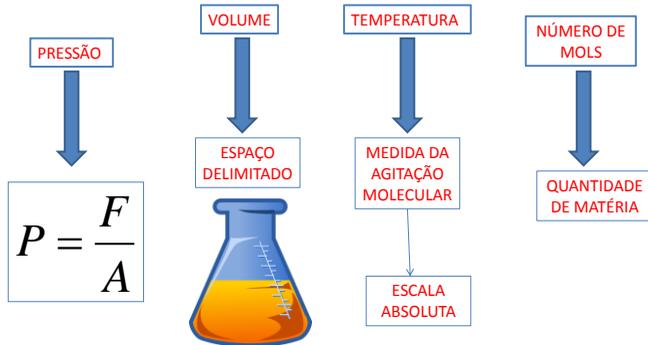
Professor: Tiago Morais Nunes

## INTRODUÇÃO AOS GASES

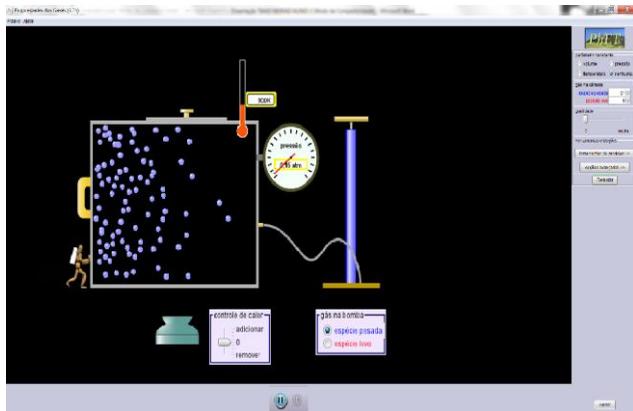
### Objetivos:

- Compreender as variáveis de estado de um gás;
- Caracterizar uma transformação gasosa;
- Verificar as diferentes transformações gasosas, tendo o entendimento das proporções entre as grandezas através das diferentes linguagens matemáticas;
- Construir a Equação de Clapeyron e a Lei Geral dos gases.

## Variáveis de Estado de um Gás



- Analisemos essas variáveis no simulador computacional.



## Transformações Gasosas

Uma transformação gasosa ocorre quando pelo menos duas variáveis de estado se modificam, nesse sentido, vamos analisar a simulação computacional “*Propriedades dos gases*”.

### Coleta de Dados

Volume Constante		Temperatura Constante		Pressão Constante	
T (K)	P (atm)	V (u.v.)	P (atm)	V (u.v.)	T (K)
301	0,24	2,2	4,32	3,0	749
601	0,47	4,5	2,10	6,0	1498
749	0,62	6,6	1,52	8,2	1940

## Tipos de Transformações Gasosas

Vamos construir as diferentes transformações gasosas através das observações realizadas com o simulador computacional é possível concluir que...

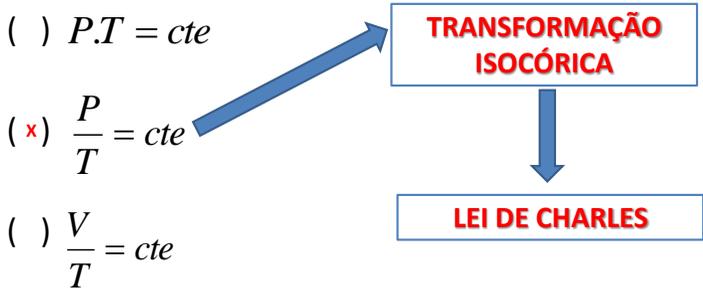
... A VOLUME CONSTANTE a melhor relação de proporção é:

( )  $P.T = cte$

( x )  $\frac{P}{T} = cte$

( )  $\frac{V}{T} = cte$

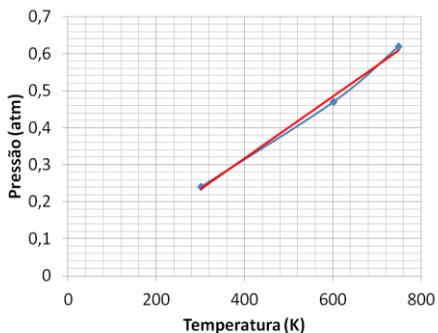
**TRANSFORMAÇÃO  
ISOCÓRICA**



**LEI DE CHARLES**

## TABELA E GRÁFICO

Volume Constante	
T (K)	P (atm)
301	0,24
601	0,47
749	0,62



... A TEMPERATURA CONSTANTE a melhor relação de proporção é:

( x )  $P.V = cte$

( )  $\frac{P}{V} = cte$

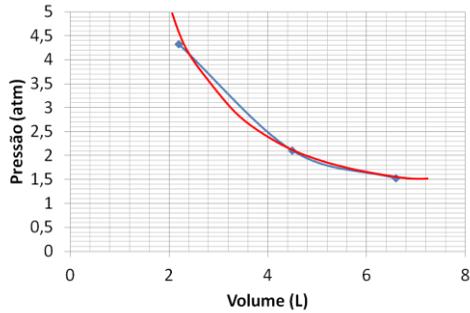
( )  $P.T = cte$

**TRANSFORMAÇÃO  
ISOTÉRMICA**

**LEI DE BOYLE**

## TABELA E GRÁFICO

Temperatura Constante	
V (u.v.)	P (atm)
2,2	4,32
4,5	2,10
6,6	1,52



... A PRESSÃO CONSTANTE a melhor relação de proporção é:

( x )  $\frac{V}{T} = cte$

( )  $V.T = cte$

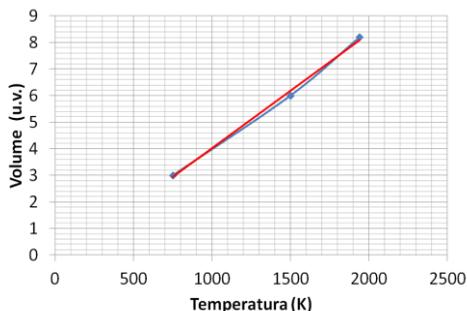
( )  $\frac{P}{T} = cte$

**TRANSFORMAÇÃO  
ISOBÁRICA**

**LEI DE GAY-LUSSAC**

## TABELA E GRÁFICO

Pressão Constante	
T (K)	V (u.v.)
749	3,0
1498	6,0
1940	8,2



## Exercício de Sala

A tabela mostra como varia o volume  $V$  de certa quantidade de um gás ideal em função da temperatura absoluta  $T$ .

Volume ( $\text{cm}^3$ )	Temperatura (K)
10	50
15	75
30	150
40	200
90	450

- Determine o tipo de transformação que o gás está sofrendo.
- Trace o gráfico correspondente a essa transformação.

## Equação de Clapeyron

Através das aulas anteriores, podemos dizer que:

$$\frac{P.V}{T} \text{ ————— } \boxed{\text{Diretamente proporcional com a quantidade de gás}} \rightarrow \boxed{nR}$$



$$\frac{P.V}{T} = nR$$

$$PV = nRT \qquad n = \frac{m}{M}$$

- $n \rightarrow$  número de mol
- $R \rightarrow$  constante universal dos gases perfeitos  
 $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$  ou  $8,31 \text{ J/mol.K}$

O "mol" é a quantidade de matéria que contém um número invariável de partículas, conhecido como constante ou número de Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$ ).

## Lei geral dos gases perfeitos

Considerando dois estados distintos de uma mesma massa gasosa:

Estado 1:  $P_1, V_1$  e  $T_1$

Estado 2:  $P_2, V_2$  e  $T_2$

Aplicando-se a Equação de Clapeyron:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

## Exercício de Sala

Um mol de certo gás ideal exerce a pressão de 1 atm a 0 °C. Sendo a constante universal dos gases perfeitos  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$ , determine o volume ocupado por esse gás.

## Exercício de Sala

Um balão é inflado com oxigênio ( $M = 32 \text{ g/mol}$ ), supondo o gás ideal, ficando com volume de 2 L e pressão de 1,5 atm. Esse enchimento é feito à temperatura de 20 °C. O balão estoura se a pressão atingir 2,0 atm. Aquecendo-se o balão, observa-se que, imediatamente antes de estourar, o volume é 3,0 L.

- a) A que temperatura o balão estourou?
- b) Qual a massa de oxigênio colocada no balão?

## MODELO CINÉTICO DOS GASES

### Objetivos:

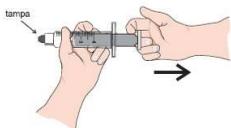
- Compreender o modelo como forma de considerar as propriedades microscópicas dos gases;
- Entender a pressão como grandeza diretamente ligada aos choques realizados pelas moléculas;
- Estabelecer a relação entre energia cinética e temperatura.

## Hipóteses para a aplicação da teoria cinética dos gases

1. As moléculas se encontram em movimento desordenado, regido pelos princípios fundamentais da mecânica clássica.
2. As moléculas não exercem força umas sobre as outras, exceto quando colidem.

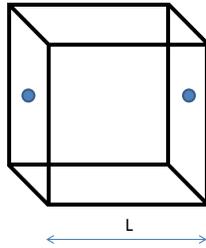
## Hipóteses para a aplicação da teoria cinética dos gases

3. As colisões das moléculas entre si e contra as paredes do recipiente que as contém são perfeitamente elásticas e de duração desprezível.
4. As moléculas têm dimensões desprezíveis em comparação aos espaços vazios entre elas.



O gás que não apresenta restrições a essas hipóteses é denominado, GÁS IDEAL.

## Pressão exercida por um Gás Ideal



$$\Delta t = \frac{d}{v} \quad \Delta t = \frac{2L}{v}$$

A quantidade de movimento varia na unidade de tempo (1 molécula):

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{2m_0 v}{2L/v} = \frac{m_0 v^2}{L}$$

Pelo teorema do Impulso:

$$I = \Delta Q = F \cdot \Delta t$$

$$F = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Considerando que em uma face tem-se em média 1/3 do número total  $N$  de moléculas, em que  $m = N \cdot m_0$ , temos:

$$F = \frac{N}{3} \times \frac{m_0 v^2}{L}$$

$$F = \frac{1}{3} \times \frac{mv^2}{L}$$

Sabe-se que pressão é:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{L^2}$$

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{mv^2}{L^3}$$

Como o volume do cubo é  $L^3$ :

$$P = \frac{\frac{1}{3} \times mv^2}{L^3} \times L^3$$

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{mv^2}{V}$$

## Energia Cinética do Gás

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_c = \frac{3}{2} PV$$

Com a definição de pressão:

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{mv^2}{V}$$

Como  $PV = nRT$  :

$$E_c = \frac{3}{2} nRT$$

$$mv^2 = 3PV$$

## Velocidade Quadrática Média das Moléculas

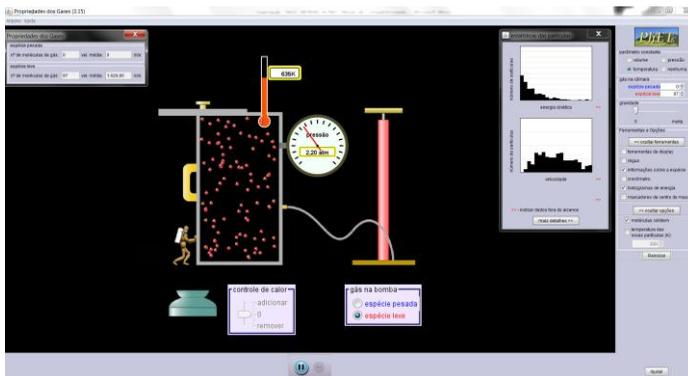
Sendo  $n = m/M$ :

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} \frac{mRT}{M}$$

$$v^2 = \frac{3RT}{M}$$

Portanto a velocidade média das moléculas depende da natureza (M) das mesmas e há uma relação de dependência entre a velocidade e a temperatura, logo temos a justificativa de porquê a temperatura é uma medida do grau de agitação das partículas.

Observando a relação de velocidade e pressão no simulador



## Exercício de Sala

Em relação à teoria cinética molecular dos gases, é CORRETO afirmar que:

- a) a energia cinética média de um conjunto de moléculas de um gás depende, apenas e exclusivamente, das massas das moléculas desse gás.
- b) quando quadruplicamos a temperatura absoluta de um conjunto de moléculas de um gás, suas moléculas terão velocidade média quadruplicada.
- c) quanto maiores as interações entre as moléculas de um gás, mais rigorosamente ele se comportará como um gás ideal.
- d) numa mesma temperatura, independentemente das massas molares de cada gás, as moléculas têm energias cinéticas médias iguais.
- e) as colisões entre moléculas de um gás perfeito com as paredes do recipiente que as contém são inelásticas para qualquer tipo de gás ideal.

## Exercício de Sala

A energia cinética de um gás é obtida pela expressão:

$$E_c = \frac{3}{2}nRT,$$

em que  $n$  representa o número de mol,  $R$  a constante universal dos gases perfeitos e  $T$  a temperatura absoluta. Sabendo que  $n = N/N_A$  ( $N_A$  é o número de Avogadro), elabore uma equação da energia cinética média por molécula.

## Exercício de Sala

Um gás ideal contido num recipiente sofre uma mudança na temperatura de 300 K para 1200 K. Qual a razão entre as velocidades das moléculas desse gás  $\frac{v_{300}}{v_{1200}}$  ?

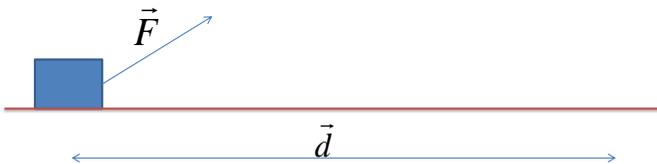
# TERMODINÂMICA

- **Objetivos:**

- Estabelecer as relações de energia na termodinâmica;
- Compreender a Primeira lei da termodinâmica a partir da Conservação de Energia;
- Obter o entendimento dos enunciados relacionados a Segunda Lei da Termodinâmica, aplicando em ciclos termodinâmicos;
- Entender o conceito da entropia, aplicado ao sistema de expansão livre.

## Trabalho de um gás

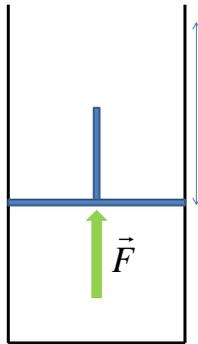
- Na mecânica, vimos que:



$$W = F.d.\cos \alpha$$

## Trabalho de um gás

- Para os gases, vamos pensar no seguinte modelo:



SENDO:

$$P = \frac{F}{A} \quad F = P.A$$

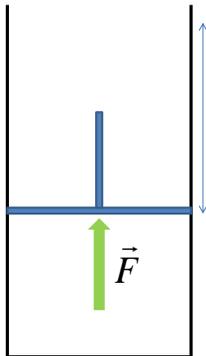
$$W = P.A.\Delta h$$

Como o VOLUME de um cilindro é:

$$V = A.h$$

$$\Delta V = A.\Delta h$$

## Trabalho de um gás



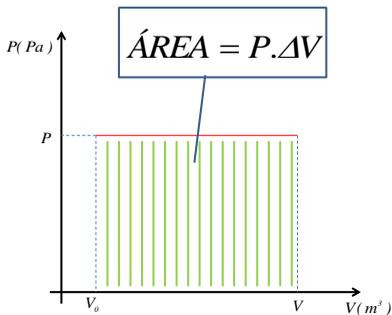
$$W = P.A.\Delta h$$

$$\Delta V = A.\Delta h$$

$$W = P.\Delta V$$

RESSALTA-SE QUE OCORRE A PRESSÃO  
CONSTANTE, LOGO DEVE-SE UTILIZAR EM  
TRANSFORMAÇÕES ISOBÁRICAS

## Graficamente:



- Portanto:

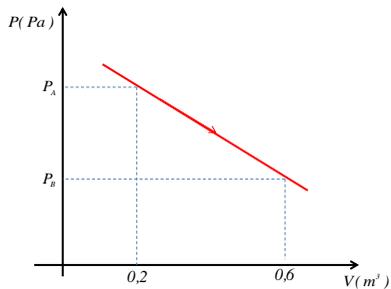
$$W = \text{ÁREA}$$

Em uma:

- EXPANSÃO  $\rightarrow W > 0$
- COMPRESSÃO  $\rightarrow W < 0$

## Exercício de Sala

O gráfico mostra uma transformação sofrida por 4 mols de um gás perfeito a partir de um estado a, em que a temperatura de 500 K, até outro estado B, em que a temperatura vale 600 K.



- a) Quais os valores de pressão em A e em B?
- b) Qual o trabalho do gás no processo?
- c) O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre o gás?

## Energia Interna

- ✓ Definição: a energia interna de um gás perfeito é a soma das energias cinéticas médias de todas as moléculas que constituem o gás. sendo a soma das energias cinéticas moleculares;
- ✓ Para um gás monoatômico:  $E_c = \frac{3}{2}nRT$  ;
- ✓ Portanto a energia interna será:  $U = \frac{3}{2}nRT$

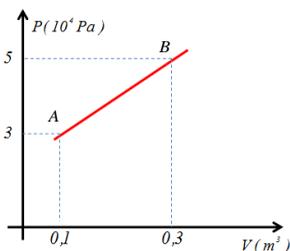
## Varição da Energia Interna

Como a energia é função dependente da variável de estado  $T$  (temperatura) é possível verificar que a variação de  $U$  é dado por:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{3}{2} nRT_1 \\ U_2 &= \frac{3}{2} nRT_2 \end{aligned} \right\} \Delta U = \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1)$$

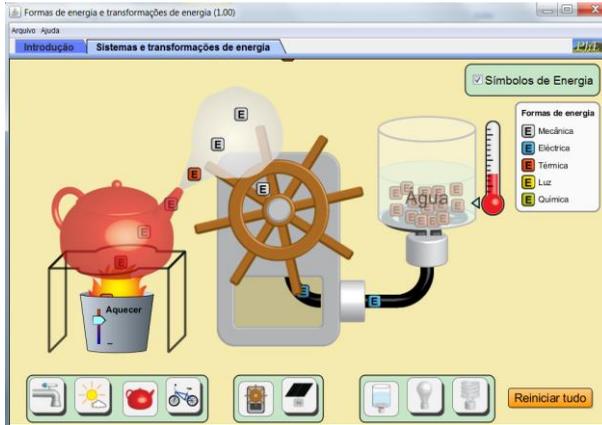
## Exercício de Sala

Seis mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico.

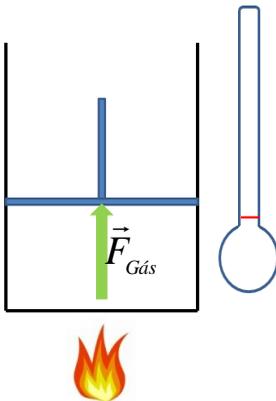


- Quanto variou a energia interna de A para B?
- Qual o trabalho realizado pelo gás ao passar de A para B?
- Quais os valores das temperaturas inicial e final?

## Conservação de Energia



## Primeira Lei da Termodinâmica



$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

## Primeira Lei da Termodinâmica e as Transformações Gasosas

✓ Transformação Isobárica:

$$Q > 0 \quad W > 0 \quad \Delta U > 0$$

✓ Transformação Isotérmica:

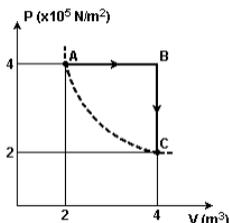
$$Q > 0 \quad W > 0 \quad \Delta U = 0$$

✓ Transformação Isocórica:

$$Q > 0 \quad W = 0 \quad \Delta U > 0$$

### Exercício de Sala

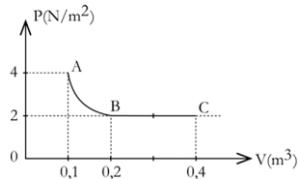
(UFRRJ) A figura a seguir representa o gráfico  $p \times V$  de um gás, suposto ideal, que sofre primeiramente um processo isobárico, partindo do ponto A para o ponto B, e depois um processo isovolumétrico, atingindo o ponto C, que se situa sobre a mesma isoterma que A. Calcule:



- O trabalho realizado pelo gás ao final do processo ABC.
- O calor recebido pelo gás ao final do processo ABC.

## Exercício de Sala

(UFPB) Certa quantidade de gás ideal monoatômico é levada do estado A para o estado C através de uma transformação isotérmica AB, seguida de uma transformação isobárica BC, como indicado no gráfico. No processo completo ABC, o gás recebe  $2 J$  de calor do meio ambiente. Sabemos, também, que a variação da energia interna no processo BC é de  $0,6 J$ .



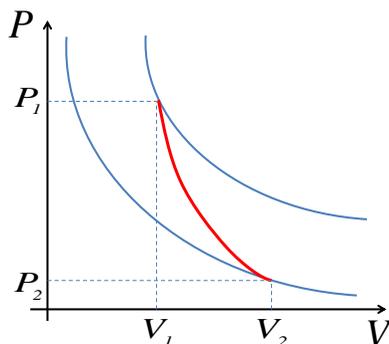
Com relação às transformações realizadas nesse processo, analise as afirmações e assinale a(s) correta(s).

- A variação da energia interna no processo AB é nula.
- O trabalho realizado pelo gás no processo BC é de  $0,4 J$ .
- O trabalho realizado pelo gás no processo AB é de  $1,0 J$ .
- A variação da energia interna no processo ABC é de  $0,8 J$ .
- O calor absorvido no processo BC é de  $1 J$ .

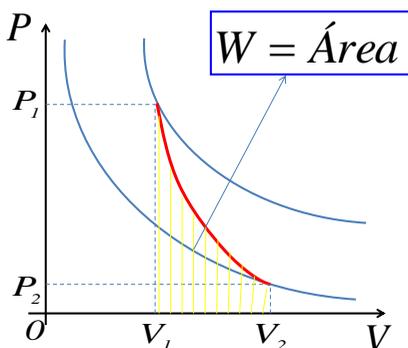
## Transformação Adiabática

✓ Não há troca de calor com o meio exterior ( $Q = 0$ );

✓ Transformação rápida.



## Transformação Adiabática

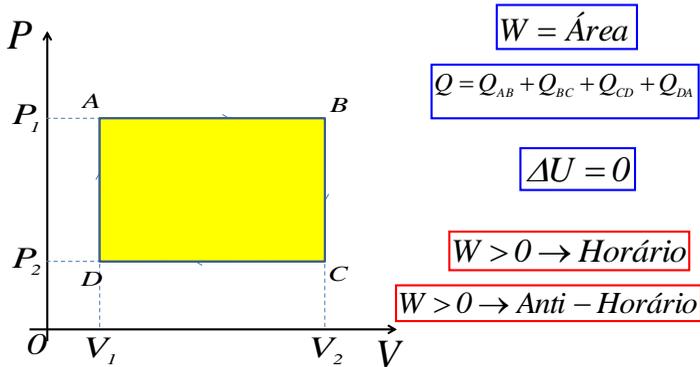


Sendo:

1.  $\Delta U = Q - W$ ;
2.  $Q = 0$ .

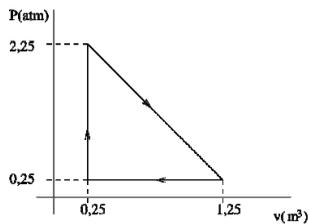
$$\Delta U = -W$$

## Transformação Cíclica



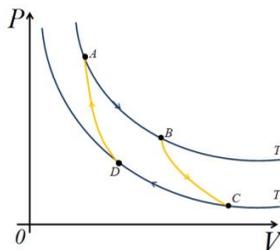
## Exercício de Sala

(UDESC - adaptada) A Figura apresenta um ciclo termodinâmico descrito por um gás. Determine para este ciclo, a variação de energia interna do gás e o trabalho por ele realizado.



## Exercício de Sala

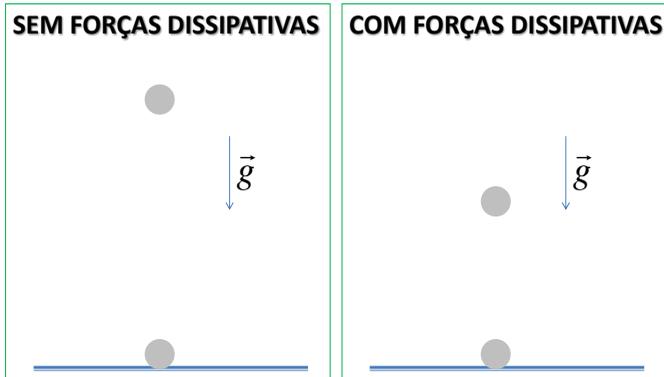
O ciclo idealizado por Carnot consiste de duas transformações isotérmicas alternadas com duas transformações adiabáticas. O gráfico correspondente a esse ciclo é mostrado a seguir, represente as relações de energia no ciclo.



## Processos Reversíveis e Irreversíveis



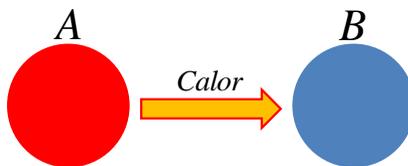
## Processos Reversíveis e Irreversíveis



## SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

### Enunciado de Clausius:

O Calor não passa espontaneamente de um corpo para outro de temperatura mais alta.

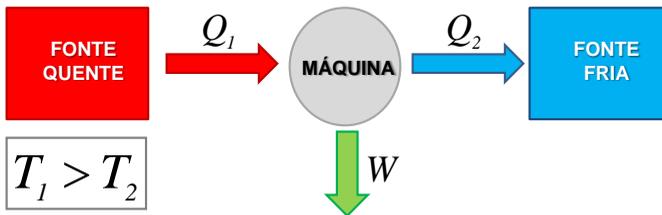


$$T_A > T_B$$

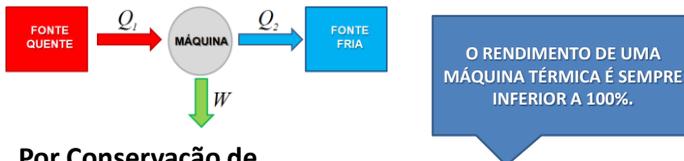
## Máquina Térmica

### Enunciado de Kelvin:

É impossível construir uma máquina, operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte quente e convertê-lo integralmente em trabalho.



## Rendimento



Por Conservação de Energia, temos:

$$Q_1 = W + Q_2$$

$$W = Q_1 - Q_2$$

E o rendimento será:

$$\eta = \frac{\text{Energia - útil}}{\text{Energia - total}}$$

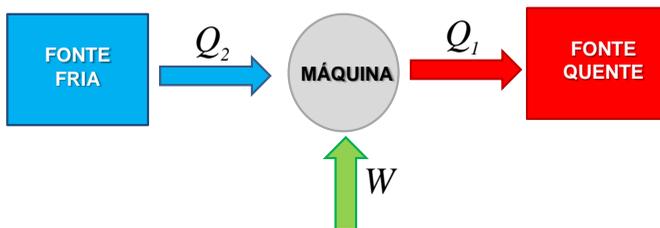
$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

## Exercício de Sala

Uma caldeira, à temperatura de 600 K, fornece vapor correspondente a 1000 kcal em cada segundo, a uma turbina. O vapor, depois de passar pela turbina, cede ao condensador 800 kcal por segundo a uma temperatura de 293 K. Considerando  $1 \text{ cal} \approx 4 \text{ J}$ , determine a potência produzida por essa máquina e calcule seu rendimento.

### Máquina Frigorífica



Eficiência ( $e$ ) de uma máquina frigorífica:

$$e = \frac{Q_2}{W}$$

Trabalho realizado por um agente externo, o compressor.

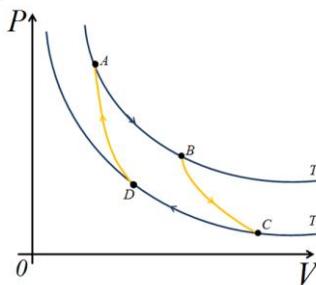
## Exercício de Sala

Em uma máquina frigorífica, em cada ciclo do gás utilizado, são retirados 120 J do congelador. No processo a atmosfera recebe 150 J.

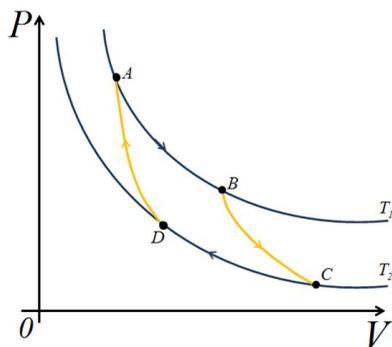
- Qual o trabalho do compressor em cada ciclo?
- Qual a eficiência da máquina?

## Ciclo de Carnot

- ✓ Carnot (1824) idealizou um ciclo de **rendimento máximo** para uma máquina térmica;
- ✓ Constituído por duas transformações isotérmica e duas transformações adiabáticas.



## Ciclo de Carnot



AB → Expansão Isotérmica

BC → Expansão Adiabática

CD → Compressão Isotérmica

DA → Compressão Adiabática

$$T_1 > T_2$$

## Ciclo de Carnot – Rendimento Máximo

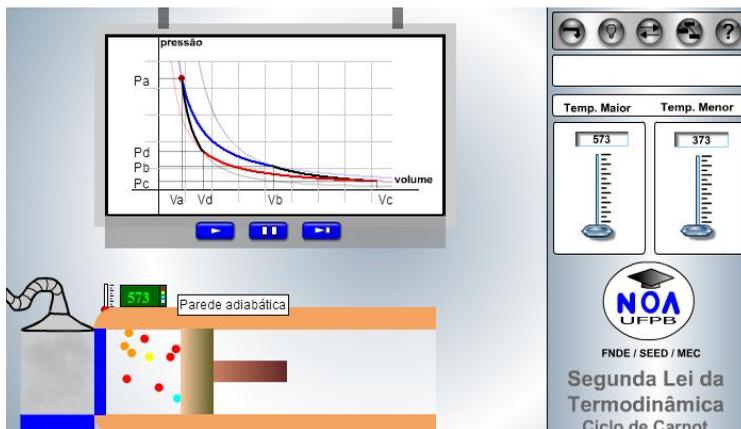
$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

O RENDIMENTO NO CICLO DE CARNOT É FUNÇÃO EXCLUSIVA DAS TEMPERATURAS ABSOLUTAS.

## Ciclo de Carnot - Simulação



## Exercício de Sala

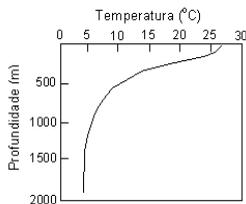
Um motor térmico funciona segundo o ciclo de Carnot. A temperatura da fonte quente é 400 K e da fonte fria é 300 K. Em cada ciclo o motor recebe 600 cal da fonte quente. Determine:

- O rendimento desse motor.
- A quantidade de calor rejeitada para a fonte fria em cada ciclo.

## Exercício de Sala

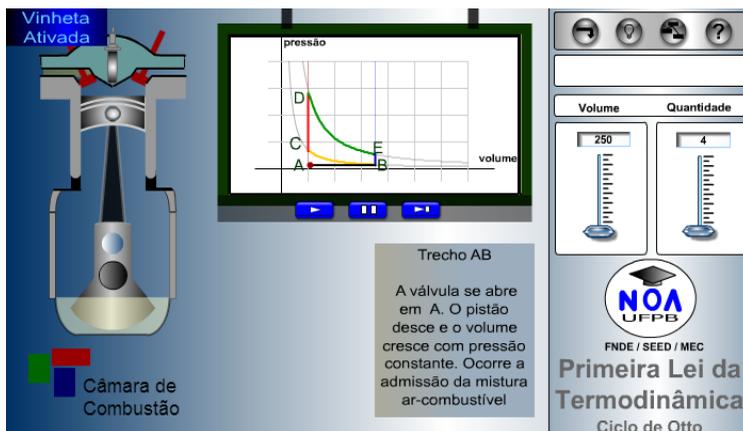
(UFSC – adaptada) O uso de combustíveis não renováveis, como o petróleo, tem sérias implicações ambientais e econômicas. Uma alternativa energética em estudo para o litoral brasileiro é o uso da diferença de temperatura da água na superfície do mar (fonte quente) e de águas mais profundas (fonte fria) em uma máquina térmica para realizar trabalho.

(Desconsidere a salinidade da água do mar)



Qual o rendimento máximo de uma máquina que opera entre  $4^{\circ}\text{C}$  e  $27^{\circ}\text{C}$ ? É possível obter 100% de rendimento?

## Ciclo de Otto – Motor a combustão



## Desordem e Entropia

No estudo da termodinâmica, mencionamos processos que ocorrem naturalmente no sentido do aumento da desordem. Como por exemplo, o fluxo do calor irreversível, o qual faz a desordem aumentar porque inicialmente as moléculas estavam arrumadas em regiões quentes e frias, tal organização desaparece quando se atinge o equilíbrio térmico.

## Entropia

- A Entropia é um conceito físico que fornece uma previsão quantitativa da desordem;

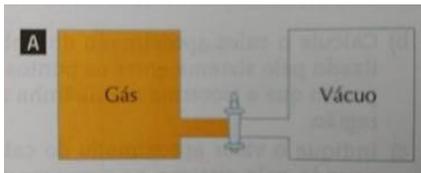
**Nas transformações naturais sempre ocorrerá um aumento da entropia do universo.**

- A variação da entropia pode ser entendida por:

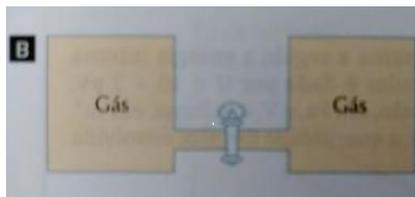
$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

(processos reversíveis).

## Expansão Livre

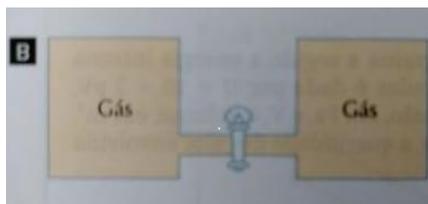
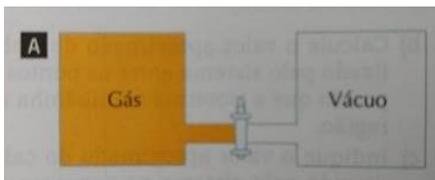


- Transformação adiabática;
- Trabalho realizado é NULO;



- Processo ISOTÉRMICO;
- Transformação irreversível;

## Expansão Livre



- Uma expansão livre acarreta um aumento na entropia do sistema que se expande,.
- Através da equação:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

- É possível determinar o módulo da variação de entropia nesta expansão.

## Exercício de Sala

(Olimpíada Brasileira de Física) Assinale a seguir a alternativa que não é compatível com a segunda lei da Termodinâmica.

- A variação de entropia de qualquer sistema que sofre uma transformação termodinâmica é sempre positiva ou nula.
- A temperatura de zero absoluto é inatingível.
- Um refrigerador com a porta aberta jamais conseguirá por si só esfriar uma cozinha fechada.
- Nem todo calor produzido no motor a combustão de um automóvel é convertido em trabalho mecânico.
- O ar de uma sala de aula jamais se concentrará completa e espontaneamente em uma pequena fração do volume disponível.

**ANEXOS**

## ANEXO 1 - AVALIAÇÃO

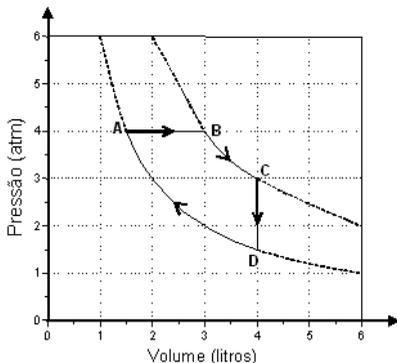
1. A partir dos estudos de Termodinâmica, analise as afirmações a seguir e assinale a(s) correta(s):

- (        ) Um gás ao receber calor, sempre sofrerá um acréscimo na temperatura.
- (        ) Em uma transformação isotérmica o sistema não troca calor com o meio externo.
- (        ) Numa compressão adiabática, a temperatura do sistema aumenta.
- (        ) O motor de combustão interna de um automóvel não é uma máquina térmica, porque não opera entre uma fonte quente e uma fonte fria e em ciclos.
- (        ) Um refrigerador funciona como uma máquina térmica, operando em sentido inverso, isto é, retira calor da fonte fria e, através de trabalho realizado sobre ele, rejeita para a fonte quente.

2. (UFSC - modificada) Um congelador doméstico encontra-se, inicialmente, desligado, vazio (sem nenhum alimento ou objeto dentro dele), totalmente aberto e à temperatura ambiente de  $27^{\circ}\text{C}$ , quando, então, tem sua porta fechada e é ligado. Após algumas horas de funcionamento, ainda vazio, sua temperatura interna atinge  $-18^{\circ}\text{C}$ . O congelador possui perfeita vedação com a porta mantida fechada. Considerando que o ar se comporta como um gás ideal, determine o que se pede.

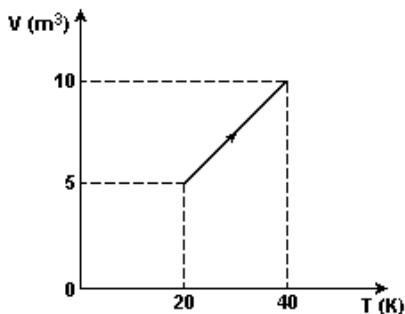
- a) Qual a transformação sofrida pela massa de ar no interior do congelador?
- b) Como varia o trabalho e a energia interna?
- c) Qual a pressão interna do congelador ao atingir  $-18^{\circ}\text{C}$ ? (pressão atmosférica = 1 atm)
- d) Construa um gráfico de *pressão versus temperatura*.

3. (UFSC - modificada) Um sistema constituído por uma certa massa gasosa sofre quatro transformações sucessivas, AB, BC, CD e DA, conforme mostra o diagrama  $p \times V$  na figura.



Descreva o que ocorre com o calor, a energia interna e o trabalho em cada transformação.

4. Em uma transformação termodinâmica sofrida por uma amostra de gás ideal, o volume e a temperatura absoluta variam como indica o gráfico a seguir, enquanto a pressão se mantém igual a  $20 \text{ N/m}^2$ .



Sabendo-se que nessa transformação o gás absorve  $250 \text{ J}$  de calor, pode-se afirmar que a variação de sua energia interna é de:

- a)  $100 \text{ J}$ .
- b)  $150 \text{ J}$ .
- c)  $250 \text{ J}$ .
- d)  $350 \text{ J}$ .
- e)  $400 \text{ J}$ .

5. Um gás ideal passa do estado inicial A para o estado B e, após, para o estado final C, como mostra o gráfico da pressão,  $p$ , do gás, em função de seu volume,  $V$ .

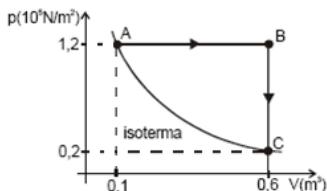
Analise o gráfico e as afirmações a seguir.

I) O calor recebido pelo gás para ir do estado A até o estado C é de  $6 \times 10^4 \text{ J}$ .

II) O trabalho total realizado pelo gás para ir do estado A até o estado C é de  $6 \times 10^4 \text{ J}$ .

III) A energia interna do gás no estado A é igual a sua energia interna no estado C.

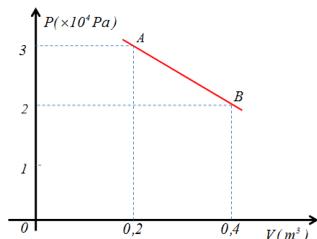
IV) O calor que teria que ser fornecido ao gás, se ele fosse do estado A ao estado C ao longo da isoterma, seria maior do que o do trajeto ABC.



A alternativa que contém todas as afirmações corretas é:

- a) I – III – IV
- b) III – IV
- c) I – II
- d) II – IV
- e) I – II - III

6. O gráfico indica uma transformação AB sofrida por 2 mols de um gás ideal monoatômico. Sendo  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ , determine:



- a) as temperaturas inicial e final do gás.
- b) a variação da energia interna do gás no processo AB.

- c) o trabalho realizado pelo gás ao passar do estado A para o estado B.  
d) a quantidade de calor trocada pelo gás durante a transformação AB.

7. (Unisa–SP) Observando o comportamento de um sistema gasoso, podemos afirmar que:

- I. A pressão de um gás é o resultado das colisões das moléculas com as paredes do recipiente.  
II. A energia cinética média das moléculas de um gás é diretamente proporcional à temperatura absoluta.  
III. Volume, pressão e temperatura são chamados variáveis de estado.  
IV. As moléculas se movimentam sem colidirem com as paredes do recipiente que as contém.

Estão corretas as afirmativas:

- a) somente I  
b) somente II  
c) I e II  
d) II, III e IV  
e) I, II e III

8. Um inventor publica, num catálogo, uma tabela apresentada abaixo, referente a três máquinas térmicas,  $A$ ,  $B$  e  $C$ , todas operando entre fontes de calor, às temperaturas de  $300\text{ K}$  e  $500\text{ K}$ . Nessa tabela,  $Q$  representa o calor que a máquina absorve por ciclo e  $W$ , o trabalho que ela realiza por ciclo.

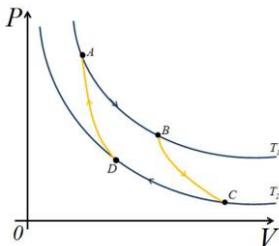
MÁQUINA	Q	W
A	10kJ	10kJ
B	12kJ	6kJ
C	8kJ	3kJ

De acordo com a Termodinâmica, não é possível construir apenas a(s) máquina(s):

- a) A  
b) A e B  
c) B  
d) B e C

e) C

**9.** (UEG-GO) O ciclo de Carnot foi proposto em 1824 pelo físico francês Nicolas L. S. Carnot. O ciclo consiste numa sequência de transformações, mais precisamente de duas transformações isotérmicas ( $T_1$  para a fonte quente e  $T_2$  para a fonte fria), intercaladas por duas transformações adiabáticas, formando, assim, o ciclo. Na sua máquina térmica, o rendimento seria maior quanto maior fosse a temperatura da fonte quente. No diagrama a seguir, temos um ciclo de Carnot operando sobre fontes térmicas de  $T_1 = 800 \text{ K}$  e  $T_2 = 400 \text{ K}$ .



Admitindo-se que o ciclo opera com fonte quente, recebendo  $1000 \text{ J}$  de calor, responda:

- Em que consistem os termos transformações isotérmicas e adiabáticas?
- Determine o rendimento dessa máquina de Carnot.
- Essa máquina vai realizar um trabalho. Qual é o seu valor?

**10.** Uma amostra de gás Hélio está a temperatura de  $1000 \text{ K}$ .

- Calcule a energia cinética média das moléculas dessa amostra?
- Se duplicarmos a temperatura absoluta da amostra, por quanto será multiplicado o valor da energia cinética média?

## ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO

**Ministério da Educação**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**  
**Curso Integrado Técnico em Eletrotécnica e Química**  
**Disciplina: Física**

*Obs.: Esta avaliação consiste de um questionário para verificar a proposta de ensino aplicada pelo professor Tiago Morais Nunes, sendo esta componente da dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFSC (MNPEF).*

**Nome:** \_\_\_\_\_

**1.** Como você avalia o processo de ensino de Física na sua instituição de ensino?

- bom.
- excelente.
- regular.
- ruim.
- péssimo.

**2.** Como você avalia o uso de diferentes tecnologias de ensino (simulações, vídeos, experimentos e etc.) nas aulas de Física durante o seu curso?

- bom.
- excelente.
- regular.
- ruim.
- péssimo.

**3.** Você acredita que a utilização de diferentes tecnologias de informação pode melhorar a sua compreensão dos conhecimentos abordados em sala de aula?

- Sim.
- Não.

Depende do conteúdo abordado.

**4.** Frente às aulas com explanação do conteúdo e descrição do mesmo no quadro, as simulações podem conferir um significado diferente às aulas, de forma a reduzir as abstrações?

Concordo.

Concordo parcialmente.

Discordo.

Não sei opinar.

**5.** Durante sua vida escolar, como você classifica a utilização de simulações computacionais nas práticas de ensino das diferentes disciplinas?

Nunca havíamos utilizado.

Utilizamos muito pouco.

Utilizamos moderadamente.

Utilizamos frequentemente.

**6.** A Física é uma ciência que utiliza a linguagem matemática na descrição de fenômenos. Qual a sua compreensão em relação a essa linguagem?

boa.

excelente.

regular.

ruim.

péssima.

**7.** A descrição da Física através da linguagem matemática transmite maior significado do fenômeno observado, e por muitas vezes, a transposição dessa não é dada a devida importância, ou seja, as equações são simplesmente colocadas no quadro. Você pensa que isso é...

bom.

excelente.

regular.

ruim.

péssimo.

**8.** Na compreensão da Física, utilizam-se frequentemente os modelos representativos e matemáticos, como por exemplo, na descrição de Gases e da Termodinâmica. Como esses modelos auxiliam você no entendimento dos conteúdos?

- pouco.
- muito.
- razoavelmente.
- não auxiliam.

**9.** Como você classifica a utilização e a descrição dos modelos matemáticos para o entendimento de diferentes conteúdos de Física?

- importante.
- desprezível.
- não faz diferença.
- prefiro a física apenas com conceitos.

**10.** De maneira geral, como você avalia o ensino de determinado conteúdo de Física através de simulações computacionais, devido às limitações experimentais e também, a articulação entre essas simulações com a construção dos modelos matemáticos relacionados?