

---

## PROPOSTA DE ATIVIDADE PARA ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENTROPIA<sup>+</sup>\*

---

*Marco Aurélio Alvarenga Monteiro*

*José Silvério Edmundo Germano*

Departamento de Física – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

São José dos Campos – SP

*Isabel Cristina de Castro Monteiro*

*Alberto Gaspar*

Departamento de Física e Química – UNESP

Guaratinguetá – SP

### **Resumo**

*Ensinar conceitos de Termodinâmica para alunos do Ensino Médio, principalmente, aqueles relativos à Segunda Lei, não é tarefa trivial, tendo em vista as raras atividades propostas para a abordagem desses conceitos em sala de aula. O objetivo deste artigo é oferecer uma proposta de atividade de simples construção, de baixo custo e de fácil utilização em sala de aula para que possa ser utilizada por professores de Física do Ensino Médio visando ensinar conceitos relativos à Segunda Lei da Termodinâmica.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Física; Termodinâmica; atividade experimental.*

### **Abstract**

*Teaching concepts of Thermodynamics for High School students, primarily those related to the Second Law, it is not a trivial task, concerning the rare proposed activities to approach these con-*

---

<sup>+</sup> Activity proposal for an approach to entropy concept

<sup>\*</sup> *Recebido: outubro de 2008.*

*Aceito: maio de 2009.*

*cepts in the classroom. The aim of this article is to offer an activity proposal of simple and inexpensive construction as well as an easy use in classroom so that it can be used by High School Physics teachers to teach concepts related to the Second Law of Thermodynamics .*

**Keywords:** *Physics teaching; Thermodynamics; experimental activity.*

## **I. Introdução**

O ensino de ciências praticado em nossas escolas tem sido criticado por não apresentar alternativas à aula expositiva do professor e devido à atitude passiva dos alunos em sala de aula. Pesquisas na área (CACHAPUZ, et al., 2005; PINHO ALVES, 2000; WHEATLEY, 1991) têm apontado para a necessidade de se implementar recursos didáticos que envolvam os alunos em processos de observação, discussão e teste de hipóteses e construção de modelos explicativos para os fenômenos naturais.

Entretanto, como destacam Silva & Lattouf (1996), são grandes as dificuldades em se elaborar atividades e estratégias de ensino capazes de envolver os alunos e comprometê-los com os objetivos do professor.

Diferentemente da Primeira Lei da Termodinâmica, cujo aspecto qualitativo, e até quantitativo, da Conservação da Energia é mais comumente debatido em sala de aula, existindo, inclusive, uma quantidade razoável de atividades didáticas para sua abordagem em contextos de ensino, a Segunda Lei carece de discussões na maioria dos livros didáticos e apresenta pouca ou quase nenhuma atividade de ensino que permita interações entre professores e alunos.

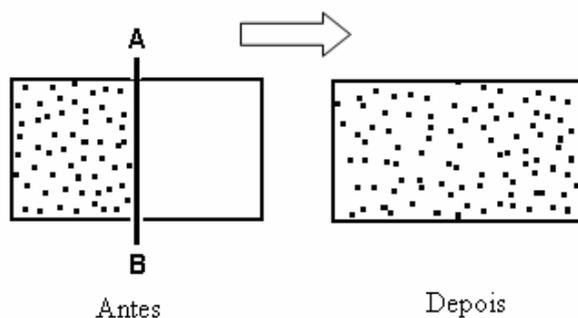
Essa situação, aliada à abstração dos conceitos de irreversibilidade e entropia, cria obstáculos para a abordagem desses conceitos com alunos do Ensino Médio.

Neste trabalho, nosso objetivo principal é propor uma atividade de baixo custo, de simples construção e de fácil utilização em sala de aula, para uma abordagem de conceitos relativos à Segunda Lei da Termodinâmica no contexto do Ensino Médio.

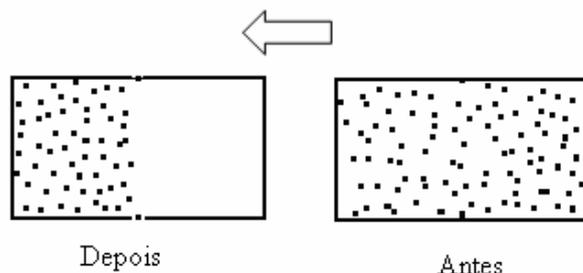
O estudo da Segunda Lei da Termodinâmica envolve, primeiramente, chamar a atenção dos alunos para o fato de que a Natureza tem a tendência de estabelecer um sentido único para a ocorrência dos processos naturais espontâ-

neos. Ou seja, sem violar o Princípio da Conservação da Energia, a Segunda Lei da Termodinâmica enuncia a existência de processos irreversíveis na Natureza.

Dessa forma, se considerarmos um recipiente dividido em dois compartimentos por uma partição AB, no qual, em um deles, há um gás confinado e no outro há vácuo, como é mostrado no esquema a seguir, a tendência é que, ao retirarmos a partição AB, ambos os compartimentos fiquem preenchidos pelo gás.



Entretanto, se esperarmos que o inverso aconteça, ou seja, que espontaneamente o gás concentre-se novamente no volume do primeiro compartimento, refazendo vácuo no segundo, isso não acontecerá.



Como destaca Nussenzveig (1987), considerando a Lei de Conservação da Energia seria possível reverter o processo, desde que houvesse a inversão da velocidade de todas as moléculas do gás, pois, a rigor, não há nenhum Princípio ou regra teórica que justifique essa impossibilidade.

Contudo, como destaca o autor, apesar das Leis da Mecânica não apresentarem argumentos que impossibilitem a reversão do processo, isso seria muito improvável, tendo em vista a baixa probabilidade de restituirmos às condições iniciais um número gigantesco de moléculas.

É nesse contexto que surgem os conceitos de Entropia, macroestados e microestados.

## I.2 Introduzindo os conceitos de entropia, macroestados e microestados

Pelo Princípio da Conservação da Energia, sabemos que, em qualquer transformação, a energia total do universo se mantém inalterada, entretanto, parte dessa energia fica indisponível para a realização de trabalho. Dessa forma, por exemplo, uma pessoa que salta, de uma determinada altura, sobre uma cama elástica, transforma grande parte da energia potencial em energia cinética, contudo, parte dessa energia é transformada em energia térmica que fica indisponível para a realização de trabalho.

Essa indisponibilidade da energia para a realização de trabalho ocorre devido à existência de processos irreversíveis, ou seja, não há como, espontaneamente, a energia térmica se transformar em energia potencial novamente, como ocorre com a energia cinética.

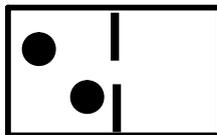
Dessa forma, afirma-se que quando qualquer forma de energia se transforma em calor ela se degrada. Essa degradação da energia é expressa por uma grandeza denominada entropia (MÁXIMO; ALVARENGA, 2000; GASPAR, 2000).

O termo *entropia*, cunhada por Rudolf Clausius (1822-1888), cujo significado traduzido do grego é, *em transformação*, refere-se ao grau de desordem de um sistema. Essa desordem varia quando o sistema passa por uma transformação. É exatamente essa variação que indica o grau de degradação de energia de um sistema.

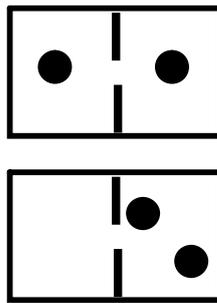
Contudo, como podemos definir o termo *desordem*?

O conceito de desordem foi definido quantitativamente por Ludwig Boltzmann (1844-1896), que descreveu a entropia em termos probabilísticos.

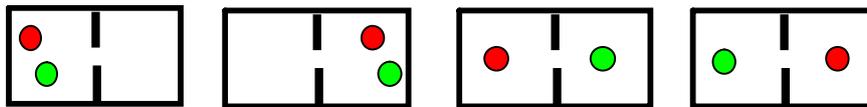
Vamos considerar dois compartimentos, sendo apenas um deles ocupado por 2 esferas, que se comunicam por um orifício, como indicado no esquema a seguir.



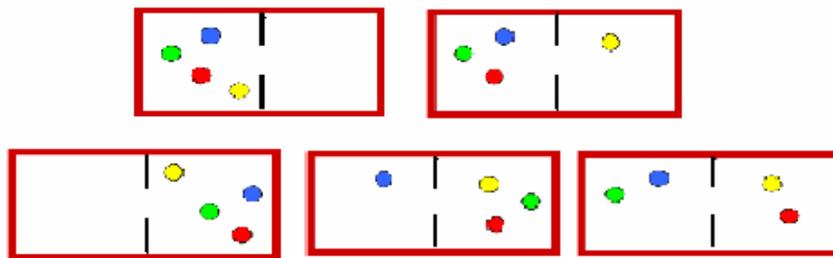
Se agitarmos aleatoriamente o recipiente, de forma a permitir que as esferas possam passar de um recipiente para o outro, podemos imaginar as seguintes configurações.



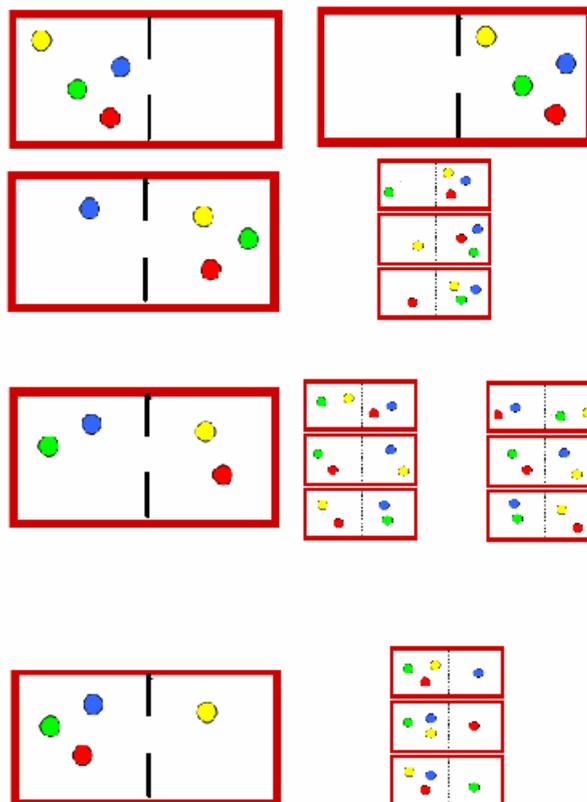
Ou seja, para duas esferas, poderíamos pensar em 3 macroestados possíveis. Entretanto, se pensarmos nas configurações possíveis para cada esfera, teremos:



Assim, para duas esferas, poderíamos pensar em 4 microestados possíveis. Se aumentarmos o número de esferas para 4, teremos as seguintes configurações. Ou seja, se o número de esferas é 4, podemos imaginar 5 configurações diferentes possíveis. Portanto, podemos ter cinco diferentes macroestados.



Entretanto, se levarmos em conta, agora, a cor das esferas, ou seja, os microestados, teremos diferentes microestados associados a um macroestado.



É possível mostrar que o maior número de microestados acontece para o macroestado na qual o mesmo número de esferas nos dois compartimentos é igual. Logo, essa será a configuração de maior probabilidade de acontecer.

Podemos deduzir que, quanto maior for o número de esferas, maior será o número de microestados associados ao macroestado no qual o número de esferas é igual para ambos os compartimentos.

Assim, será fácil demonstrar que a explicação para a ocorrência dos fenômenos irreversíveis encontra argumento na probabilidade.

## II. Nossa proposta de atividade

Na atividade propomos utilizar um recipiente plástico utilizado para guardar alimentos (como o indicado na figura a seguir), que contenha uma tampa e seja constituído de dois compartimentos, que se comunicam por uma fenda. Além de quarenta bolinhas de gude, como mostra a foto a seguir.



*Foto 1 - Materiais necessários para o desenvolvimento da atividade.*

A ideia da atividade é simples: o aluno deverá colocar as 40 bolinhas de gude em um dos compartimentos. Em seguida, ele deverá colocar a montagem sobre uma superfície plana, provocar eventos de agitação e contar o número de bolinhas de gude em ambos os compartimentos, preenchendo uma tabela, como a exemplificada a seguir. Por evento de agitação o aluno deverá compreender como uma chacoalhada aleatória na montagem, ou seja, utilizando sua própria mão, que deverá segurar a montagem firmemente e imprimi-la um movimento horizontal de vai-e-vem.



*Foto 2 - Indicação de como promover eventos aleatórios na montagem.*

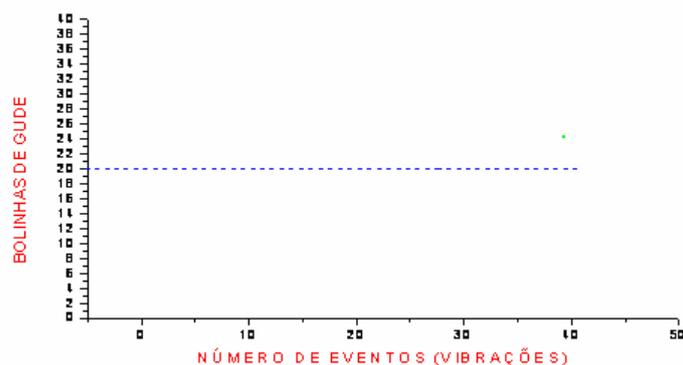
Tabela que relaciona os número de eventos e o número de bolinhas em cada compartimento.

Nº de eventos	Nº de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Nº de Bolinhas no compartimento da direita	Nº de Bolinhas no compartimento da esquerda
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		

Consultando a tabela, os alunos perceberão que, à medida que aumenta o número de eventos, o número de bolinhas em ambos os compartimentos tende a se

igualar, tendo em vista que, o número de microestados de maior probabilidade de acontecer é aquele em as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos.

Essa conclusão pode ser mais facilmente atingida se os alunos construírem o gráfico número de eventos x número de esferas.



### III. Resultados

Realizando a atividade, obtivemos os seguintes dados.

Nº de eventos	Nº de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Nº de Bolinhas no compartimento da direita	Nº de Bolinhas no compartimento da esquerda
0	40	0
01	36	4
02	36	4
03	35	5
04	33	7
05	31	9
06	29	11
07	30	10
08	31	9
09	30	10
10	29	11
11	25	15
12	25	15

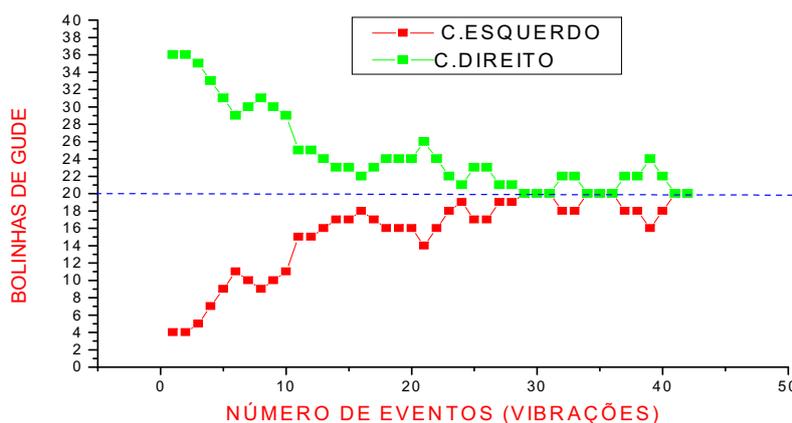
13	24	16
14	23	17
15	23	17
16	22	18
17	23	17
18	24	16
19	24	16
20	24	16
21	26	14
22	24	16
23	22	18
24	21	19
25	23	17
26	23	17
27	21	19
28	21	19
29	20	20
30	20	20
31	20	20
32	22	18
33	22	18
34	20	20
35	20	20
36	20	20
37	22	18
38	22	18
39	24	16
40	22	18
41	20	20
42	20	20

É possível, com os dados coletados e apresentados na tabela, observar que, à medida que o número de eventos aumenta, existe uma tendência natural do número de bolinhas, nos dois compartimentos, o da direita e o da esquerda, ser igual.

Essa igualdade de número de bolinhas nos dois compartimentos ocorreu no evento 29.

É interessante observar que, tanto em eventos anteriores quanto nos eventos seguintes, há uma flutuação em torno dessa igualdade, mas, apesar disso, é possível se observar a existência da tendência da igualdade.

Essa flutuação, bem como a manutenção da tendência, pode ser observada no gráfico a seguir.



Outras variações da mesma atividade podem ser feitas em sala de aula, como, por exemplo, variar o número total de bolinhas de gude e observar se o número de eventos necessários para que se estabeleça a igualdade do número de bolinhas em ambos os compartimentos é alterado.

Além disso, pode-se realizar a atividade com bolinhas de gude de cores diferentes, por exemplo, 20 bolinhas vermelhas colocadas num compartimento e 20 bolinhas verdes colocadas no outro.

À medida que o número de eventos aumenta, observamos que o número de bolinhas verdes e vermelhas em ambos os compartimentos tendem a ser iguais.

#### IV. Conclusão

A atividade proposta, por sua simplicidade, facilidade de montagem e de execução, além do baixo custo, configura-se numa alternativa interessante ao professor de Física que deseja introduzir o conceito de entropia aos seus alunos do Ensino Médio.

A atividade ainda apresenta diferentes variações, o que pode permitir que diferentes grupos de alunos possam apresentar, refletir e discutir o mesmo tema a partir de diferentes pontos de vista.

### **Bibliografia**

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005. 264p.

GASPAR, A. **Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica**. São Paulo: Editora Ática, 2000. 414p.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2000. 414p.

NUSSENZVEIG, M. **Curso de Física Básica 2 - Fluidos, Oscilações e Ondas, calor**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. Editora, 1987.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, UFSC Florianópolis.

SILVA, D.; LATTOUF, R. Eletricidade: atividade de ensino coerente com um modelo construtivista. **Proposições**, Campinas, v. 7, n. 19, p. 41-57, 1996.

WHEATLEY, G. H. Constructivism perspectives on Science and Mathematics learning. **Science Education**, New York, v.