



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem  
CTS para o Ensino Médio

Leandro Nascimento Rubino

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010



A FÍSICA ENVOLVIDA NO FENÔMENO DO EFEITO ESTUFA – UMA  
ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO MÉDIO

Leandro Nascimento Rubino

Orientadora: Profa. Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Presidente, Profa. Deise Miranda Vianna

---

Prof. Carlos Eduardo Aguiar

---

Prof. José Roberto da Rocha Bernardo

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010



## FICHA CATALOGRÁFICA

R896f      Rubino, Leandro Nascimento.  
A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa –  
uma abordagem CTS para o ensino médio [manuscrito]  
/ Leandro Nascimento Rubino. – 2010.  
xiv, 99 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Física.

“Orientação: Profa. Dra. Deise Miranda Viana”.

1. Ensino de Física. 2. Efeito Estufa. 3. CTS.
4. Atividade Investigativa. I. Título.



Dedico esta dissertação a minha grande companheira Margareth.

## **Agradecimentos**

- A minha noiva por todo apoio e incentivo que tem me dado.
- A meus pais por sempre acreditarem em mim.
- A meu avô Antônio por sempre acreditar em mim.
- Aos meus amigos Thiago e Marcia por me apoiarem.
- À professora Deise pelas orientações sempre valiosas e enriquecedoras.
- Ao professor e amigo José Roberto da Rocha Bernardo pelas orientações que foram fundamentais para o término dessa dissertação.
- Aos meus amigos de caminhada do programa de mestrado, em especial a minha amiga Marta Máximo pelos conselhos valiosos e o meu grande amigo Anderson Ribeiro pela ajuda nos momentos difíceis.



## RESUMO

### A FÍSICA ENVOLVIDA NO FENÔMENO DO EFEITO ESTUFA – UMA ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO MÉDIO

Leandro Nascimento Rubino

Orientadora:  
Profa. Deise Miranda Vianna

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Nesta dissertação de mestrado, apresentamos uma Unidade Didática destinada ao estudo do fenômeno do efeito estufa para o Ensino Médio. Utilizando o aquecimento global como tema organizador, propomos uma abordagem didática na qual os conceitos físicos de emissão, reflexão, absorção de energia radiante e ressonância são apresentados como consequência da necessidade do entendimento do fenômeno a ser estudado. Apresentamos para o presente estudo como o tema está inserido nos documentos oficiais, justificando a necessidade deste trabalho. Realizamos uma revisão bibliográfica sobre o tema, em diferentes materiais didáticos. Utilizamos o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) como nosso alicerce teórico para construção do material didático, com a metodologia baseada em atividades investigativas. Nosso produto didático sobre efeito estufa foi dividido em duas partes. A primeira parte é destinada ao aluno, composto de seis unidades entrelaçadas, formando uma sequência didática, com os conteúdos de Física necessários para o entendimento do fenômeno organizados em espiral. A segunda parte é dedicada ao professor, que é composto de orientações, contendo as principais estratégias desenvolvidas, a fim de auxiliar o docente para uma abordagem mais proveitosa do material. Por fim, apresentamos alguns resultados preliminares da aplicação de nosso produto em uma escola da rede de ensino do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Ensino de Física, Efeito estufa, CTS, Atividade investigativa

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010



## **ABSTRACT**

### **The Physics involved in the greenhouse effect phenomenon – a STS approach for the Brazilian High School Program**

Leandro Nascimento Rubino

Supervisor(s):  
Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

A Didactic Unit is presented in this Master's thesis targeted at the study of the greenhouse effect phenomenon for Brazilian High School Program (Ensino Médio). Having the global warming as an organizer theme, it is proposed a didactic approach in which the physical concepts of emission, reflection, absorption of radiant energy and resonance are presented as consequence of the need for understanding this phenomenon to be studied. It is presented for the current study how the theme is inserted in the official documents, justifying the need for this thesis. A bibliographic revision on the theme was performed in different didactic materials. The Science-Technology-Society (STS) focus was used as a theoretical groundwork for the construction of didactic material with the methodology based on investigative activities. Our didactic product on greenhouse effect has been divided into two parts. The first part is targeted at the student, made up of six units intertwined, composing a didactic sequence with the Physics contents required for the understanding of the phenomenon organized in spiral. The second part is dedicated to the teacher and is made up of guidelines, containing the main strategies developed in order to guide the teacher into a more efficient approach of the material. Finally, it is presented some preliminary results of the application of our product in a school in Rio de Janeiro.

Keywords: Physics Education, Greenhouse effect, STS, Investigative Activity

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	1
<b>Capítulo 1 – Da motivação para a elaboração deste produto</b> .....	5
1.1 – O problema social, científico e tecnológico.....	5
1.2 - As contribuições dos documentos oficiais.....	8
1.3 – O que existe nos materiais didáticos e na literatura nacional para professores e alunos.....	11
1.4 – Nossa proposta.....	16
<b>Capítulo 2 - Considerações Teóricas</b> .....	18
2.1 - O enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).....	18
2.2 - Requisitos esperados de um professor para trabalhar com o enfoque CTS.....	22
2.3 - Por que atividades investigativas com enfoque CTS?.....	24
2.4 – Por que utilizar textos nas atividades investigativas com enfoque CTS?.....	26
2.5 – Por que atividades experimentais ?.....	27
2.6 - Por que atividades experimentais investigativas?.....	29
2.7 – Por que utilizar vídeos em sala de aula?.....	30
2.8 – Por que atividades lúdicas em sala de aula?.....	31
2.9 - A atuação do professor em atividades investigativas.....	32
2.10 – Como inserir as atividades investigativas na sala de aula?.....	33
2.11 – Como utilizar uma atividade lúdica no enfoque CTS?.....	37
2.12 – Como utilizar textos nas atividades investigativas com enfoque CTS ?.....	38
2.13 – Como utilizar o debate simulado?.....	39
<b>Capítulo 3 - Apresentação do material</b> .....	41
3.1 - Material do professor.....	42
3.2 - Material do aluno.....	59
<b>Capítulo 4 - Aplicando o material</b> .....	90
<b>Capítulo 5 - Considerações finais</b> .....	92

<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>94</b>
--	-----------



## Introdução

O aquecimento global pode ser definido como o aumento da temperatura média do nosso planeta. A preocupação com esse fenômeno climático vem se intensificando cada vez mais e chega aos nossos alunos como uma situação catastrófica indiscutível. No entanto, as controvérsias sobre as possíveis causas e efeitos do fenômeno ainda são pouco divulgadas, mas não devem ser ignoradas e precisam chegar à sala de aula, através dos professores.

É nessa perspectiva que se insere a presente pesquisa, nas lacunas existentes em relação à abordagem do fenômeno do efeito estufa no ensino de Física e sua transposição didática. Nossa hipótese inicial é a de que há uma escassez de materiais didáticos adequados sobre o tema efeito estufa e sua relação com o aquecimento global no contexto do ensino de física, englobando os conceitos de emissão, reflexão, absorção de energia radiante e o fenômeno da ressonância. Para confirmar tal hipótese, fizemos um levantamento nos livros didáticos de Física mais utilizados no município do Rio de Janeiro e constatamos a ausência de uma discussão adequada sobre os conceitos físicos envolvidos na explicação do fenômeno do efeito estufa. A abordagem feita, normalmente, é simplista, sem explicar, de fato, os conceitos físicos envolvidos no fenômeno. Além disso, segundo Jones e Henderson-Sellers (1990), a analogia entre o fenômeno atmosférico e o fenômeno que ocorre em uma estufa de plantas feita em alguns livros é equivocada. Walker (2008) ratifica a afirmação feita por Jones e Henderson-Sellers, ao afirmar que infelizmente, como a expressão efeito estufa é muitas vezes aplicada à retenção de radiação térmica pela atmosfera terrestre, esse tipo de retenção é associado erroneamente às estufas. Diante disso, objetivamos criar um material didático de apoio tanto para alunos, quanto para professores.

As atividades propostas em nosso material estão fundamentadas na pesquisa de Koulaidis e Christidou (1999) sobre as concepções prévias dos estudantes sobre o efeito estufa. Os autores identificaram as principais concepções errôneas apresentadas pelos estudantes em seu artigo, como, por exemplo:

- (i) a tendência de entender e interpretar o efeito estufa como um problema ambiental, ignorando o fato de esse fenômeno ser um mecanismo natural importante;
- (ii) o efeito estufa é atribuído somente à radiação emitida pelo sol, ignorando a radiação emitida pela Terra;
- (iii) a temperatura e o clima terrestres são regulados exclusivamente pela recepção da radiação solar;

(iv) os gases do efeito estufa permitem que o “calor” do sol atravesse a atmosfera, mas não deixam que o “calor” escape para o espaço.

A partir dessas concepções levantadas por Koulaïdis e Christidou (1999) em sua pesquisa, elaboramos atividades que possam ser úteis na construção correta dos conceitos físicos necessários para o entendimento do efeito estufa.

A fim de cumprir tais objetivos, usamos como embasamento teórico uma proposta Ciência, Tecnologia e Sociedade (C-T-S) no desenvolvimento de nosso material didático. Na abordagem CTS, segundo Santos e Mortimer (2000) um dos principais objetivos está na necessidade de formar cidadãos mais bem informados e capacitados para lidar com as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia. Esse foi um dos pontos norteadores para preparação do material de apoio, tendo em vista que a formação de cidadãos críticos e alfabetizados cientificamente são objetivos primordiais em qualquer nível de ensino.

O conjunto de livros didáticos que estudamos em nossa pesquisa é formado pelos seis livros do Programa Nacional do Livro Para o Ensino Médio de 2009 (PNLEM), além de outros livros que não fazem parte dessa lista, mas que são largamente utilizados no Estado do Rio de Janeiro e de um livro intermediário, utilizados por professores na preparação de suas aulas. Utilizamos inicialmente o levantamento e a análise dos livros didáticos de Física do ensino médio foi feito por Santos e Barros (2010), em seu artigo. São eles: CARRON, W. e GUIMARÃES, O. As Faces da Física (volume único), 2ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2002; FILHO, A.G. e TOSCANO, C. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo: Ed. Scipione, 2005; SHIGEKIYO, C.T., YAMAMUTO, K. e FUKU, L.F. Os Alicerces da Física (3 volumes), 14ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2007; GASPARI, A. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 2005; GREF. Física 1 – Mecânica, Física 2 – Física Térmica e Óptica e Física 3 – Eletromagnetismo, 4ª ed., São Paulo: EDUSP, 1998; GUIMARÃES, L.A. e FONTE BOA. Física (3 volumes), Niterói-RJ: Ed. Galera Hiperfísica, 2006; BISCUOLA, G.J., VILLAS BÔAS, N. e DOCA, R.H. Tópicos de Física (3 volumes), 18ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2001; MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. Física: Ensino Médio (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Scipione, 2005; PARANÁ, D.N.S. Física (3 volumes), 6ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 1998; PENTEADO, P.C.M. e TORRES, C.M.A. Física - Ciência e Tecnologia (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2005; RAMALHO JÚNIOR, F., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Os Fundamentos da Física (3 volumes), 9ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2007; SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Física: Ensino Médio Atual (volume único), 2ª ed., São Paulo: Ed. Atual, 2005; SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Universo da Física (3



volumes), 2ªed., São Paulo: Ed. Atual, 2005; TORRES, C.M.A., PENTEADO, P.C.M., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Física: Ciência e Tecnologia (volume único), São Paulo: Ed.Moderna, 2001.

Completando a pesquisa, analisamos os livros: MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. – Física volume único. Ed. Scipione, 2008 e HEWITT, P.G. Física Conceitual, ed. Bookman, 2002.

Para elaboração de nosso material didático, utilizamos como metodologia de ensino as atividades investigativas. Gil e Castro (1996) descrevem alguns aspectos relacionados às atividades científicas que podem ser explorados numa atividade escolar investigativa. Dentre elas estão: apresentar situações problemáticas abertas; favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas; considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes; ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

O presente trabalho se divide em cinco capítulos. No capítulo um, será feita a apresentação das motivações para o presente estudo bem como a contribuição dos documentos oficiais para o ensino do referido tema e as justificativas do trabalho. Também se encontra nesse capítulo a revisão bibliográfica sobre o assunto.

Já no segundo capítulo demonstramos o alicerce teórico, construído a partir do enfoque CTS, utilizado na construção do material didático, além de descrever a metodologia, baseada em atividades investigativas, utilizada na pesquisa e na elaboração do produto.

No capítulo três, há a apresentação do produto didático, que contempla os seguintes tópicos da física: emissão, reflexão, absorção de energia radiante e o fenômeno da ressonância. O material foi dividido em duas partes. O material dedicado ao aluno é composto de seis unidades entrelaçadas, formando uma sequência didática, com os conteúdos de Física necessários para o entendimento do fenômeno do efeito estufa. A unidade um tem por objetivo introduzir o problema central através de um jogo interativo. As outras unidades são o desenvolvimento do tema com atividades interativas, tais como: vídeos, experimento e explanação dos conceitos necessários para a compreensão do fenômeno do efeito estufa. A última unidade, unidade seis, dedica-se a realizar uma avaliação sobre o tema através de um júri simulado. Todas essas atividades estão melhor explicadas no referido capítulo. Fechando

o capítulo, há o material do professor que é composto de orientações, a fim de auxiliar o docente na utilização do material.

No capítulo quatro, há a apresentação de resultados preliminares da aplicação do produto dessa dissertação em uma escola da rede privada do Rio de Janeiro.

Por fim, no capítulo cinco, são expostas as considerações finais. Optamos por chamar assim, uma vez que não podemos apresentar conclusões finalizadas, já que o produto não foi totalmente aplicado. Contudo, apresentaremos as conclusões preliminares decorrentes do início da aplicação do produto e nossa experiência adquirida no desenvolvimento da presente pesquisa.

# Capítulo 1

## Da motivação para a elaboração deste produto

### 1.1 – O problema social, científico e tecnológico

É cada vez mais evidente a preocupação causada pelos efeitos do aquecimento global para o planeta Terra e seus habitantes. Diariamente, são veiculadas pelos diversos tipos de mídias as consequências catastróficas causadas pelo seu agravamento. Talvez esse seja o tema científico mais divulgado dos últimos anos e, certamente, pouco compreendido pela maior parte da população. Embora os meios de comunicação de massa afirmem categoricamente que o homem é o maior responsável pelo aquecimento global, tal afirmação é controversa e repleta de incertezas.

Atualmente, grande parte da comunidade científica defende que uma proporção significativa do aquecimento global observada é causada pela emissão dos gases estufa, oriundos das atividades antropogênicas. Contudo, há uma segunda corrente de estudiosos defendendo que o problema do aquecimento global que estamos vivendo pode ser de origem natural, ou seja, o clima da Terra pode se modificar por causa da atividade vulcânica, das mudanças na quantidade de radiação que o Sol emite, etc. Dessa forma, as controvérsias sobre as causas do aquecimento global podem ser resumidas em duas hipóteses (VIEIRA e BAZZO, 2007):

*- Hipótese 1: o aquecimento global é real e causado pela atividade humana (queima de combustíveis fósseis – petróleo, gás e carvão, queima das florestas tropicais, etc.). Por isso, os governantes devem tomar medidas urgentes para salvar o planeta de uma catástrofe.*

*- Hipótese 2: O aquecimento global é real, mas não se tem certeza sobre as suas causas. Pode se tratar de atividade solar e parte de um ciclo de aquecimento e resfriamento das temperaturas na Terra. Nesse caso, não há nada que os governantes possam fazer a respeito.*

Os ambientalistas e a maior parte da população leiga no assunto acreditam na primeira hipótese, uma vez que os argumentos a favor desta são bastante relevantes e são lançados pela

mídia diariamente. Em contraposição, estão os grandes empresários das indústrias e alguns governantes dos países desenvolvidos e altamente industrializados, que são os maiores poluidores e responsáveis pela maior parte das emissões dos gases estufa no mundo. Esses preferem a segunda hipótese, à medida que não querem reduzir o ritmo de trabalho de suas indústrias, o que frearia a economia do país, reduziria seus lucros e que, por consequência, acarretaria no aumento do número de pessoas sem emprego, dentre outros problemas.

Nesse ponto, questionamo-nos: seria relevante, na disciplina Física, estudar um tema em que há divergências entre especialistas no assunto?

A partir das questões supracitadas, entendemos que o tema “Aquecimento Global” é extremamente polêmico e controverso e está longe de ter uma solução definitiva. Entendemos ainda que toda a controvérsia que cerca esse tema nos fornece uma excelente oportunidade de discussão do que é “fazer ciência” com os estudantes.

Vamos apresentar nesta dissertação um panorama das contribuições anteriores no que se refere à elaboração de propostas didáticas sobre o efeito estufa e sobre como esse tema é abordado nos livros didáticos selecionados pelo PNLEM / 2009, além de outros livros. A partir desta revisão bibliográfica, podemos constatar que os livros didáticos não abordam o tema efeito estufa da forma que entendemos ser mais conveniente, uma vez que o abordam de forma simplista, em notas de pé de página ou em boxes explicativos, sem explicitar de fato os princípios físicos que explicam o fenômeno do efeito-estufa.

A partir de uma revisão feita em artigos e em dissertações, verificamos a ausência de uma discussão mais aprofundada sobre o efeito estufa. Quase sempre, quando é abordado, é feito de forma simplista, sem explicar de fato a física envolvida no problema. Partindo desses resultados, e pautados nos pressupostos dos documentos oficiais do Ministério da Educação, propomos nesta dissertação uma intervenção no ensino que auxilie o professor a construir com seus alunos os conceitos físicos necessários para a compreensão do fenômeno do efeito-estufa.

Os temas controversos, reforçados em diferentes artigos da área de ensino de Ciências, nos mostra que discussões que possibilitem o estudo de problemas reais de nossa sociedade, torna-o com mais sentido para os alunos.

Silva e Carvalho (2007), afirmam que

Os temas controversos possibilitam aos professores de física a construção de caminhos criativos e mais eficazes para que o ensino dessa disciplina não seja abordado apenas do ponto de vista conceitual com ênfase na linguagem matemática.

E nos dizem ainda

Os temas controversos possibilitam afastarmo-nos dos conceitos de harmonia, verdade absoluta e neutralidade, normalmente presentes no discurso científico. As controvérsias podem ser desencadeadas por diversos motivos, mas elas fundamentalmente envolvem pontos de vista diferenciados em relação a determinado tema.

## 1.2 - As contribuições dos documentos oficiais

A partir de alguns princípios estabelecidos na LDB de 1996, o Ministério da Educação, em um trabalho conjunto com educadores de todo o país elaborou, entre outros documentos, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ / Ensino Médio) (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Em tese, todos esses documentos deveriam nortear o trabalho do professor em sua prática pedagógica, mas sabemos que nem sempre isso acontece.

Dentre as muitas contribuições que as orientações e parâmetros fornecem para a reflexão sobre o ensino de Física e para a prática do professor em sala de aula, mencionaremos a seguir aquelas que darão suporte para a construção da proposta didática de nossa dissertação.

O PCN+ / Ensino Médio (Brasil, 2000), afirma que

Muitas vezes a incompreensão do professor sobre certas respostas que os alunos apresentam em sala de aula deve-se a seu desconhecimento sobre esses modelos construídos intuitivamente. Da mesma forma, esses modelos explicam também a dificuldade dos alunos em compreender e assimilar os modelos que lhes são apresentados. (p.37)

E nos dizem ainda

Para que ocorra um efeito diálogo pedagógico, é necessário estar atento ao reconhecimento dessas formas de pensar dos alunos, respeitando-as, pois são elas que possibilitam traçar estratégias de ensino que permitem a construção da visão científica, através da confrontação do poder explicativo de seus modelos intuitivos com aqueles elaborados pela ciência. (p.37)

Outro aspecto contemplado no desenvolvimento de nossas atividades está relacionado à introdução da linguagem científica, uma vez que os PCN+ / Ensino Médio (BRASIL, 2002)

afirmam que “é indispensável a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologias bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas (p.2)” Entendemos que os alunos devem saber se expressar, nas mais variadas situações, com a linguagem apropriada, uma vez que tanto no mercado de trabalho, quanto em outras situações de suas vidas, essa habilidade será necessária.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) afirmam que

Muito frequentemente ensinam-se as respostas sem formular as perguntas! E há um aspecto para o qual os professores devem se voltar com especial atenção, relacionado com a característica fundamental da ciência: a sua dimensão investigativa, dificilmente trabalhada na escola nem solicitada nas provas de vestibulares (p.45).

O mesmo documento também se manifesta quanto aos seus objetivos do ensino de Física e ao tipo de aluno que deve resultar do processo de ensino-aprendizagem:

Assim, o que a Física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções. Ao se ensinar Física devem-se estimular as perguntas e não somente dar respostas a situações idealizadas.(p.53)

Assim, fica claro que saber elaborar boas perguntas para os alunos e permitir a estes resolver, não apenas problemas idealizados, mas também os reais do cotidiano, são centrais nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, e servirão de sustentação para a nossa proposta didática, pois, entendemos que devemos auxiliar os estudantes a solucionar

problemas diversos, não apenas na escola, mas também em sua vida. Além disso, entendemos que uma das grandes contribuições da Física para a vida das pessoas está no fato de ser uma das maneiras de ver, pensar e resolver problemas.



### **1.3 – O que existe na literatura nacional para professores e nos materiais didáticos para alunos**

Apresentamos aqui um panorama das contribuições anteriores da literatura no que se refere à elaboração de propostas didáticas sobre o efeito estufa e sobre como esse tema é abordado nos livros didáticos nacionais mais utilizados. Foram encontrados, em nossa revisão da literatura, quatro importantes artigos relacionados ao tema e uma dissertação de mestrado:

- A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S.; Instituto de Física da USP.

Cad. Bras. Ens. Fís., v.21, n.3: p.325-249, dez 2004.

Em seu artigo, XAVIER e KERR (2004) analisaram o tratamento dado ao fenômeno do efeito estufa em revistas e jornais não científicos de grande circulação e em livros paradidáticos. Apesar de os autores ressaltarem a importância da divulgação desse tema nos diferentes meios, eles alertam para as falhas encontradas nesses textos, além de discutir as consequências que esses erros podem acarretar para a formação dos conceitos físicos dos alunos e da população em geral.

O artigo ressalta que a maioria dos textos jornalísticos analisados apresentou um tratamento inadequado do efeito estufa e sua relação com mudanças climáticas globais. Os textos mostraram-se permeados por uma visão predominantemente catastrófica, causada pela confusão entre o efeito estufa natural (benéfico ao planeta) e suas alterações; apresentam o dióxido de carbono como o principal gás estufa, quando na verdade é o vapor de água que ocupa essa posição. Os livros paradidáticos analisados pelos autores mostraram-se mais coerentes com as abordagens e hipóteses desenvolvidas pela comunidade científica, mas ainda assim alguns autores deixaram lacunas significativas ao tratarem do tema, tais como: utilizam o conceito de calor de forma incorreta; não tratam das incertezas citadas pelos relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas); não diferenciam o efeito estufa natural e o antropogênico; não se discute o balanço radioativo ou os processos envolvidos no fenômeno do efeito estufa. Como esses livros, mesmo sendo paradidáticos, se dirigem a um público que estão em fase de aprendizagem, seria importante que fossem elaborados com cuidados na linguagem e no rigor científico.

- Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de Ensino Médio: É simples entender esse fenômeno?

LOBATO, A. C.; SILVA, C. N.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L.; QUADROS, A. L.  
Ensaio, v.11, n. 1, junho 2009.

Em seu artigo, LOBATO et al. (2009) fizeram um levantamento, nos livros didáticos de Química, do tratamento e do aprofundamento dado ao tema efeito estufa. Os autores utilizaram em sua pesquisa quatro livros didáticos de química do ensino médio que fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino médio – PNLEM e outros três livros didáticos que tratam do assunto e são bastante utilizados na região metropolitana de Belo Horizonte, mas que não fazem parte do PNLEM.

Os autores afirmam que mesmo não sendo possível tratar o fenômeno do efeito estufa de maneira muito aprofundada no ensino médio, também não se deve simplificá-lo tanto a ponto de cometer erros conceituais nas definições, como vem acontecendo em alguns livros didáticos, tais como: analogia do fenômeno do efeito estufa com uma estufa de plantas; utilização do conceito de reflexão ao invés do conceito de reemissão.

- Discussões acerca do aquecimento global: Uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A.

Ciência e Ensino, v.1, n. especial, novembro de 2007.

Em seu artigo, VIEIRA e BAZZO (2007) ressaltam a importância de se abordar temas científicos controversos na perspectiva da educação em CTS, fazendo um breve panorama sobre o aquecimento global e suas controvérsias. Ao final do artigo, é feita uma proposta CTS para a abordagem do tema, utilizando a estratégia de um debate simulado, como forma de avaliação.

- Abordagem das Mudanças Climáticas Globais no curso de Física para o Ensino Médio.

XAVIER, M. E. R.

Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências da USP, 2007.

A dissertação de mestrado de XAVIER (2007) trata do desenvolvimento de uma experiência didática sobre as Mudanças Climáticas Globais, seus efeitos, conseqüências e conceitos físicos envolvidos. Embora o desenvolvimento conceitual da Física relacionada à explicação do fenômeno do efeito estufa seja parecido com o desenvolvido em nosso trabalho, a metodologia desenvolvida na dissertação da autora difere completamente da que desenvolvemos em nossa dissertação, não abordando questões investigativas em seu trabalho. Os conceitos físicos são apresentados no material do aluno, sem que haja uma problematização que os introduzam.

- Abordagem do aquecimento global em livros didáticos de Física do Ensino Médio. SANTOS, A. G.; BARROS, F. S. XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2010.

O levantamento feito pelos autores confirma nossa hipótese inicial de que a abordagem do tema aquecimento global e sua relação com o efeito estufa feita nos livros didáticos de Física, normalmente, é simplista, sem explicar, de fato, os conceitos físicos de emissão, absorção e emissão de radiação eletromagnética e o fenômeno da ressonância envolvidos nos fenômenos. Os autores fizeram um levantamento em quatorze livros didáticos mais utilizados nas escolas públicas e privadas no município do Rio de Janeiro, incluindo os livros do PNLEM/2009. Esse levantamento deu origem a tabela 1 que mostra como os temas efeito estufa e aquecimento global são abordados nos livros didáticos de Física. Os livros analisados pelos autores foram:

CARRON, W. e GUIMARÃES, O. As Faces da Física (volume único), 2ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2002; FILHO, A.G. e TOSCANO, C. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo: Ed. Scipione, 2005; SHIGEKIYO, C.T., YAMAMUTO, K. e FUKU, L.F. Os Alicerces da Física (3 volumes), 14ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2007; GASPAR, A. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 2005; GREF. Física 1 – Mecânica, Física 2 – Física Térmica e Óptica e Física 3 – Eletromagnetismo, 4ª ed., São Paulo: EDUSP, 1998; GUIMARÃES, L.A. e FONTE BOA. Física (3 volumes), Niterói-RJ: Ed. Galera Hipermídia, 2006; BISCOLOLA, G.J., VILLAS BÔAS, N. e DOCA, R.H. Tópicos de Física (3 volumes), 18ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2001; MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. Física: Ensino Médio (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Scipione, 2005; PARANÁ, D.N.S. Física (3 volumes), 6ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 1998; PENTEADO, P.C.M. e TORRES, C.M.A. Física - Ciência e Tecnologia (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2005; RAMALHO JÚNIOR, F., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Os Fundamentos da Física (3 volumes), 9ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2007; SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Física: Ensino Médio Atual (volume único), 2ª ed.,

São Paulo: Ed. Atual, 2005; SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Universo da Física (3 volumes), 2ªed., São Paulo: Ed. Atual, 2005; TORRES, C.M.A., PENTEADO, P.C.M., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Física: Ciência e Tecnologia (volume único), São Paulo: Ed.Moderna, 2001.

**Tabela 1: Informações levantadas nos livros consultados**

Retirado de (Santos, A.G.; Barros, F.S., 2010).

Livro	Nº páginas total do livro	Nº páginas dedicadas ao aquecimento global	Enfoque dado ao aquecimento global	Preocupação com as questões sócio-ambientais
A	853	Parágrafos	Opinativo	Ausente
B	742	---	---	---
C	706	Parágrafos	Factual	Presente
D	1042	---	---	---
E	1136	---	---	---
F	552	---	---	---
G	385	Parágrafos	Factual	Presente
H	1486	Parágrafos	Factual	Ausente
I	1342	Páginas	Factual	Presente
J	1486	Páginas	Factual	Presente
K	665	Parágrafos	Opinativo	Presente
L	1310	Parágrafos	Factual	Presente
M	1435	Parágrafos	Factual	Presente
N	742	Parágrafos	Opinativo	Ausente

Legenda: Caracterizamos esta apreciação em quatro categorias: enfoques opinativo ou factual; e ausência ou presença das questões sócio-ambientais. A categoria factual engloba os textos que abordam aspectos objetivos ou quantitativos do fenômeno. Por opinativo é entendido a ausência de evidências que apóiam as afirmativas dos textos. \* A contagem de páginas abrange todos os volumes das séries, quando for o caso.

Na tentativa de complementar os levantamentos já feitos por outros pesquisadores, de modo a tornar mais significativo o número de livros analisados, fizemos um levantamento em

mais dois livros didáticos de física para o ensino médio a respeito da inclusão e tipo de abordagem do tema efeito estufa no ensino médio. Esse levantamento tem por objetivo propor uma reflexão sobre como os livros didáticos abordam o tema efeito estufa, uma vez que, muitas vezes, os professores baseiem suas aulas nos textos dos mesmos. Dessa forma, podemos entender como o tema efeito estufa está sendo abordado nas aulas de Física do Ensino Médio.

Os livros que fizeram parte de nossa pesquisa foram os seguintes:

- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. – Física volume único. Ed. Scipione, 2008.

Em seu capítulo sobre propagação do calor, os autores afirmam que o fenômeno da radiação térmica é importante, uma vez que sem ele não haveria vida em nosso planeta. Ressaltam ainda que todos os corpos, a qualquer temperatura, emitem radiações térmicas e a intensidade dessa radiação é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura do objeto emissor. Como exemplo de aplicação da radiação térmica, os autores explicam o funcionamento de uma garrafa térmica. Contudo, os autores não abordam o fenômeno do efeito estufa.

- HEWITT, P. G. - Física conceitual. 9ª edição. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.

Em seu capítulo sobre transferência de calor, Hewitt (2002), ao abordar o fenômeno da radiação térmica, explica os processos de emissão, absorção e de reflexão de energia radiante. Como entendemos que o texto está escrito de forma clara e objetiva, utilizamos alguns trechos do autor em nosso trabalho e adaptamos outros.

Ainda no mesmo capítulo, Hewitt (2002), apresenta o fenômeno do efeito estufa, como sendo um processo de absorção e emissão de energia radiante, ressaltando a sua importância para a presença de vida na Terra.

Outro tópico importante para o entendimento do fenômeno do efeito estufa está relacionado com os conceitos de frequência natural e de ressonância. Esses temas são tratados por Hewitt (2002) em seu capítulo sobre som. O autor define esses conceitos de forma clara e objetiva.

## 1.4 – Nossa proposta

A elaboração de nosso material didático busca preencher essa lacuna deixada pelos livros didáticos de Física, na tentativa de trazer um material atualizado e mais aprofundado sobre o assunto. Ou seja, justificamos o desenvolvimento de nosso material pela ausência de materiais disponíveis na literatura nacional.

Em nosso trabalho, não temos a pretensão de explorar toda a Física envolvida no estudo do agravamento do efeito estufa e suas possíveis consequências para o clima, uma vez que até mesmo os sofisticados modelos teóricos existentes apresentam elevadas incertezas e, além disso, são necessários conhecimentos profundos de hidrodinâmica, termodinâmica, físico-química da água, teoria de turbulência, além da necessidade do conhecimento de sofisticados programas computacionais (FIROR, 1994).

A Física envolvida em nosso trabalho está relacionada com os conceitos de emissão, reflexão, absorção de energia radiante e o fenômeno da ressonância. Os conceitos de calor, temperatura, condução e convecção térmica aparecem como pré-requisitos em nossa dissertação e terão um papel importante na motivação para o surgimento do conceito de radiação térmica. Naturalmente, durante a discussão do fenômeno de ressonância, os conceitos de frequência de oscilação e comprimento de onda serão abordados com a utilização do espectro eletromagnético.

Com o objetivo de garantirmos um material de qualidade aos estudantes, reescrevemos e reordenamos os conteúdos de Física supracitados em nosso material intitulado: Material do aluno, no capítulo 3. Esse material será utilizado ao longo de todo o desenvolvimento de nossas atividades pelos estudantes. Aqueles que tiverem acesso a livros didáticos poderão utilizá-los como material extra de consulta. Em nossa concepção pedagógica, entendemos que os livros didáticos devem ser utilizados como um guia de estudos, de modo que não há a necessidade de seguirmos a sequência proposta no livro. A ordem dos capítulos pode ser escolhida de acordo com o interesse de estudo proposto pelo professor. Dessa forma, a sequência didática pouco tradicional utilizada em nosso trabalho (abordagem temática) não traz nenhum prejuízo ao aprendizado dos estudantes. Ao contrário, entendemos que a utilização de um tema central organizador dos conteúdos de Física ajuda a compreensão dos conceitos necessários para a aprendizagem do mesmo.

Portanto, estamos convictos de que o complexo problema do aquecimento global não deve ser apresentado como um simples apêndice do trabalho pedagógico do professor de

Física ou ficar restrito a um tratamento exclusivamente conceitual, sem aprofundamento nas principais questões envolvidas. Propomos em nosso trabalho ultrapassarmos os aspectos puramente técnicos do discurso dos ambientalistas e nos colocarmos perante os aspectos político-ideológicos do mesmo, de modo que possamos alimentar as discussões que têm sido travadas e identificar suas contradições. Contudo, para que os alunos possam alcançar os objetivos de aprendizagem e participarem ativamente desse processo de construção do seu conhecimento, eles devem estar munidos de conhecimentos dos conceitos físicos, para que seus argumentos tenham respaldo científico. No entanto, assim como Besson *et al.* (2010), entendemos que os conceitos físicos necessários para o entendimento do fenômeno do efeito estufa devem ser introduzidos de forma gradual, de modo que a aprendizagem dos mesmos pelos estudantes seja facilitada.

As atividades propostas em nosso material estão fundamentadas na pesquisa de Koulaidis e Christidou (1999) sobre as concepções prévias dos estudantes sobre o efeito estufa. Os autores identificaram as principais concepções errôneas apresentadas pelos estudantes em seu artigo, como, por exemplo:

- (i) a tendência de entender e interpretar o efeito estufa como um problema ambiental, ignorando o fato de esse fenômeno ser um mecanismo natural importante;
- (ii) o efeito estufa é atribuído somente à radiação emitida pelo sol, ignorando a radiação infravermelha emitida pela Terra;
- (iii) a temperatura e o clima terrestre são regulados exclusivamente pela recepção da radiação solar;
- (iv) os gases do efeito estufa permitem que o “calor” do Sol atravesse a atmosfera mas não deixam que o “calor” escape para o espaço.

A partir dessas concepções levantadas por Koulaidis e Christidou (1999) em sua pesquisa, elaboramos atividades que possam ser úteis na construção correta dos conceitos físicos necessários para o entendimento do efeito estufa.

Propomos na fundamentação teórica deste trabalho uma abordagem com enfoque CTS para a questão do efeito estufa, através de atividades investigativas, que será apresentada no próximo capítulo desta dissertação.

## Capítulo 2

### Considerações teóricas

Neste capítulo, dedicamo-nos à fundamentação teórica em que nos basearemos, de modo a incluir o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS, assim como as metodologias necessárias para a elaboração de nossa proposta didática.

#### 2.1 - O enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

Entre as propostas que apresentam possibilidades de abordar aspectos da temática ambiental em processos educacionais relacionados com o ensino de física, destacamos uma que, de modo especial, relaciona-se, direta e indiretamente, com a avaliação dos riscos e benefícios locais e globais da aplicação da Ciência e da Tecnologia. Trata-se dos trabalhos desenvolvidos a partir da abordagem CTS. No caso do ensino médio, por exemplo, em geral busca-se desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, visando a auxiliar o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões científico-tecnológicas na sociedade e atuar na solução dessas questões (Aikenhead, 1994).

Aikenhead (1994b) e Solomon (1993a), citados por Santos e Mortimer (2002), relacionam as seguintes atividades geralmente adotadas no ensino de CTS: pensamento divergente, solução de problema, simulações, controvérsias, debates. Além disso, essas atividades seriam realizadas por meio de trabalho em pequenos grupos, discussão em sala de aula centrada nos estudantes, e poderiam envolver o uso de recursos da mídia e outras fontes comunitárias.

Segundo Bernardo (2008), Santos e Mortimer (2000) ampliam a visão sobre as relações CTS afirmando que uma proposta baseada no enfoque CTS para o ensino de ciências deve promover uma educação científica, tecnológica e social, onde os conteúdos científicos e tecnológicos sejam abordados de forma integrada com seus aspectos sócio-econômicos, éticos, políticos, ambientais, culturais e históricos.



Do ponto de vista social, o enfoque CTS para o ensino de Física, geralmente, se articula em torno de temas científicos e tecnológicos que são “potencialmente problemáticos” (AIKENHEAD, 1994), citado por Bernardo (2008).

Segundo Aikenhead (1994) as propostas curriculares baseadas no enfoque CTS, geralmente têm suas estruturas organizadas segundo a sequência ilustrada na figura 1, onde a seta mostra os passos: (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado; (5) discussão da questão social original. (Santos e Mortimer, 2002, p.12).

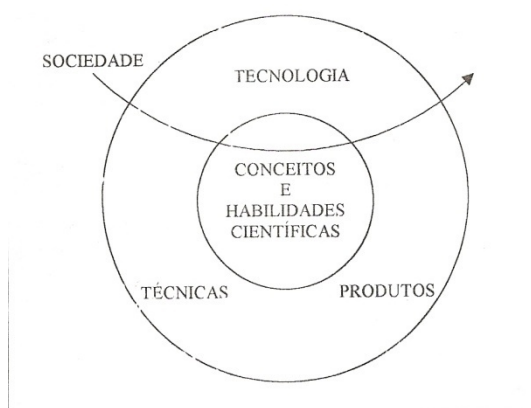


Figura 1: Uma sequência para o ensino de ciências CTS

Fonte: Aikenhead (1994, p.57); Bernardo (2008, p.40).

A título de comparação com o que consideramos conteúdos especificamente científicos, definimos os conteúdos relacionados às discussões pertinentes a temas de interesse sócio científico, como *conteúdos CTS*, de caráter interdisciplinar.

Aikenhead (1994) ao analisar as diversas formas segundo as quais os conteúdos CTS se integram com os conteúdos tradicionais de ciências em diversas propostas curriculares, estabeleceu oito categorias para os diferentes currículos CTS estudados. Estas foram definidas com base na quantidade relativa de conteúdos CTS em comparação com os conteúdos tradicionais presentes em cada proposta curricular analisada, conforme listagem abaixo (BERNARDO, 2008, p. 46-47).

1 – Conteúdo de CTS como elemento de motivação – ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes;

2 – Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático – ensino tradicional de ciências, acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado de temas unificadores;

3 – Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático – ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdos de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores;

4 – Disciplina científica (química, física e biologia) por meio de conteúdo de CTS – os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a sequência possa ser bem diferente;

5 – Ciências por meio do conteúdo de CTS – CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências;

6 – Ciências com conteúdo de CTS – o conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem;

7 – Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS – o conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.

8 – Conteúdo de CTS – estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

Ao analisar Aikenhead (1994), Bernardo (2008) afirma que nenhuma das categorias é absolutamente representativa do enfoque CTS. Enquanto a categoria 1 talvez não represente uma proposta CTS, a categoria 8 representa uma proposta muito radical. As visões mais

comuns na literatura são aquelas representadas pelas categorias de 3 a 6 (BERNARDO, 2008). Entretanto, somente a partir da categoria 5 é que a ênfase na compreensão dos aspectos das inter-relações de CTS ganha destaque (Santos e Mortimer, 2000).

Segundo a classificação acima de Aikenhead (1994), o nosso trabalho se encontra entre as categorias 5 e 6. O tema da dissertação – efeito estufa – norteou a escolha dos conteúdos de Física a serem estudados e a sua sequência. Todo o nosso trabalho foi desenvolvido com base no enfoque CTS, mas, no entanto, a aprendizagem do conteúdo de Física tem tanta importância quanto a aprendizagem CTS. Entendemos que a abordagem de problemas de nossa sociedade é de grande relevância para a formação dos estudantes, contudo, sem deixar de lado os conceitos físicos envolvidos na explicação do fenômeno, uma vez que somos professores de Física. Os conteúdos de Física presentes em nosso trabalho estão relacionados com os conceitos de emissão, reflexão, absorção de energia radiante e o fenômeno da ressonância.

Santos e Mortimer (2002) afirmam ainda que o contexto brasileiro atual é bastante favorável para a elaboração de projetos de ensino de ciências com ênfase em CTS. Contudo, alguns questionamentos devem ser levantados: que cidadãos se pretendem formar por meio das propostas CTS? Que modelo de tecnologia desejamos: clássica ecodesequilibradora ou de desenvolvimento sustentável? O que seria um modelo de desenvolvimento sustentável?

Através de uma revisão na literatura internacional, Santos e Mortimer (2002), concluíram que adotar propostas CTS na sala de aula é muito diferente de apenas camuflar currículos com ilustrações relacionadas ao cotidiano.

Além disso, Santos e Mortimer (2002) afirmam

As diferenças entre os currículos CTS e currículos convencionais são profundas. Os principais diferenciadores são: a preocupação com a formação de atitudes e valores, em contraposição ao ensino memorístico de pseudopreparação para o vestibular; a abordagem temática em contraposição aos extensos programas de ciências alheios ao cotidiano do aluno; o ensino que leva o aluno a participar em contraposição ao ensino passivo, imposto sem que haja espaço para a sua voz e suas aspirações. (p.18)

## 2.2 - Requisitos esperados de um professor para trabalhar com o enfoque CTS

Um dos grandes entraves para a inserção de temas pautados no enfoque CTS, está relacionado com a formação dos professores (BERNARDO, 2008). Bernardo elaborou em seu trabalho um conjunto de conhecimentos e habilidades (CCH) esperados de um professor que deseje trabalhar com temas com enfoque CTS.

Em relação à abordagem do tema “Efeito estufa”, consideramos relevantes para compor o CCH do educador CTS, alguns elementos citados por Bernardo (2008, p.75) em sua tese de doutorado, tais como:

- 1 – Ter domínio sobre os “saberes disciplinares” envolvidos com o tema;*
- 2 – Saber elaborar adequadamente atividades experimentais;*
- 3 – Ter uma postura reflexiva em relação à sua prática, à realidade e à burocracia escolar;*
- 4 – Conhecer os pressupostos do enfoque CTS e possuir uma visão crítica sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade;*
- 5 – Compreender a natureza da ciência-tecnologia e o caráter não neutro do cientista e do desenvolvimento científico-tecnológico.*
- 6 – Saber organizar atividades investigativas que se utilizem do trabalho cooperativo, aproximando os estudantes da “cultura científica” e favorecendo o aprendizado através de um ambiente construtivista.*
- 7 – Saber organizar atividades didáticas que articulem as diferentes dimensões – política, econômica, social, cultural e ambiental – com o tema “efeito estufa”, e que tenha como eixo estruturador o enfoque CTS.*

Fontes e Cardoso (2006) chamam a atenção para certas dificuldades de implementação do enfoque CTS, relacionados à formação do professor:

a pouca aceitação e envolvimento dos professores, uma vez que a sua formação inicial não contempla os vários aspectos desta nova abordagem, a falta de tempo para a preparação

desta nova abordagem; o receio de uma aprendizagem menos exigente com um menor número de conceitos científicos, o receio de perda da identidade profissional (p.16-17).

Vale ressaltar que os requisitos supracitados são desejáveis e não obrigatórios aos professores que desejam se apropriar desse material para suas atividades pedagógicas. Contudo, entendemos que o professor que estiver mais familiarizado com as ideias relacionadas ao enfoque CTS poderá tirar um maior proveito do material aqui proposto.

### **2.3 - Por que atividades investigativas com enfoque CTS?**

Numa proposta de ensino por investigação, é essencial que o professor apresente aos alunos problemas abertos como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos (AZEVEDO, 2004). Não estamos nos referindo aos problemas operativos (aqueles repetitivos dos livros didáticos), e sim a problemas mais próximos da realidade dos trabalhos científicos.

Conforme Moreira (1983), citado por Carvalho et. al. (1999), a resolução de problemas que leva a uma investigação deve estar pautada na ação do aluno, de forma que o seu trabalho não se limite somente à observação e à manipulação de dados, a solução deve, além disso, conter as características de um trabalho científico, tais como: discussão, reflexão e explicação dos fatos e fenômenos estudados. Ou seja, deve haver uma mudança na postura do aprendiz. Esse deixa de ser apenas um observador das aulas e passa a ter grande influência sobre ela, precisando interferir, argumentar, questionar, para construir o seu conhecimento.

Essa atividade de investigação proposta aos alunos deve fazer sentido para eles, de modo que possam entender o porquê de estarem investigando tal problema. Segundo Azevedo (2004), a situação problemática deve ser interessante para o aluno e, de preferência, envolver as relações CTS.

Gil e Castro (1996) descrevem alguns aspectos da atividade científica que podem ser explorados numa atividade investigativa. Dentre elas estão:

1. Apresentar situações problemáticas abertas;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes;
4. Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Uma alternativa para a inserção das atividades investigativas com o enfoque CTS está relacionada com o ensino de Física a partir de temas controversos, como, por exemplo, aquecimento global, poluição, energia nuclear, dentre outros.

Gayford et al. (2002) apontam que o trabalho com temas controversos exige dos professores não só um novo entendimento do processo científico, mas a possibilidade de novos entendimentos do que seja importante levar para a sala de aula em termos de conteúdos.

Silva e Carvalho (2007) afirmam que os temas controversos possibilitam aos professores de física a construção de caminhos criativos para que o ensino dessa disciplina não seja abordado apenas do ponto de vista conceitual com ênfase na linguagem matemática. As controvérsias podem ser desencadeadas por diversos motivos, mas elas fundamentalmente envolvem pontos de vista diferenciados em relação a determinado tema. Gayford et al. (2002) afirmam que um exemplo interessante de controvérsias relacionadas com aspectos da problemática ambiental é aquela que trata do tema aquecimento global, já que, por se tratar de um problema que envolve muitas variáveis, as incertezas das medidas podem ser grandes o suficiente para que a validade da teoria possa ser contestada. Como nenhuma grandeza pode ser medida com precisão infinita, qualquer pequeno erro amplifica-se com o tempo e torna a previsão equivocada.

## **2.4 – Por que utilizar textos nas atividades investigativas com enfoque CTS?**

Dentre as muitas possibilidades de utilização de atividades investigativas com enfoque CTS (utilização de vídeos, atividades experimentais, atividades lúdicas, etc), que inclusive serão utilizadas em nosso trabalho, a utilização de textos tem papel central em nossa dissertação. Baseados em nossa experiência de sala de aula, percebemos que alguns alunos chegam ao final do Ensino Médio com as habilidades de leitura e escrita ainda precárias. Silva (1995) afirma que

A promoção da leitura é uma responsabilidade de todo o corpo docente de uma escola e não apenas dos professores de língua portuguesa. Não se supera uma dificuldade ou uma crise com ações isoladas. (p.24)

Zanetic (1996) ratifica o nosso pensamento ao afirmar que

Certamente quem tem dificuldade de ler e escrever apresenta a mesma dificuldade na aprendizagem de qualquer tema cultural, inclusive a Física. Portanto, a crise de leitura atinge também as aulas de Física.(p.10)

A partir das questões supracitadas, fica evidente a importância da utilização de textos para a formação acadêmica dos estudantes.



## 2.5 – Por que atividades experimentais ?

Independente da área da Física a ser ensinada, não há dúvida quanto à necessidade da abordagem experimental no processo de ensino para a aprendizagem, ressalta Pereira (2008). No entanto, quando se faz uma reflexão crítica sobre o papel das atividades de laboratório, reconhece-se sua baixa contribuição para a aprendizagem de Física.

De acordo com Cappechi e Carvalho (2006), até o final da década de 1950, as atividades experimentais realizadas nas aulas de Ciências eram basicamente de verificação, com os estudantes assistindo às demonstrações feitas pelo professor ou seguindo roteiros herméticos. Já a partir de 1960, o laboratório didático aparece como um espaço investigativo, mais voltado para o desenvolvimento e teste de hipóteses, baseados nos grandes projetos didáticos da época, como PSSC (Physical Science Study Committee) (1956), por exemplo.

De acordo com Colinvaux e Barros (2002)

(...) o laboratório representa um espaço privilegiado para a análise dos múltiplos processos de aprendizagem em Física, que envolvem desde a aprendizagem propriamente conceitual a habilidades procedimentais relacionadas, por exemplo, com o planejamento de experimentos, teste de hipóteses, etc, incluindo ainda a compreensão do papel da experimentação. (p.11)

Segundo Lazarowitz e Tamir (apud BARBERÁ e VALDÉS, 1996), uma produção de baixo custo é uma alternativa de atividade centrada na experimentação em sala de aula sem a necessidade de laboratórios, porque pode:

- dar oportunidade de manipular resultados obtidos por equipamentos;
- desenvolver habilidades de raciocínio lógico e organização, e;
- construir e comunicar valores relativos à natureza da ciência.

De acordo com Woolnough e Allsop (apud BARBERÁ; VALDÉS, 1996), atividades experimentais dessa natureza também podem atender objetivos fundamentais, tais como proporcionar:

- exercícios, criados para estimular técnicas e habilidades práticas;

- experiências, em que se propõe que os alunos tomem consciência de determinados fenômenos naturais.

## 2.6 - Por que atividades experimentais investigativas?

Azevedo (2004) indica, em seu artigo sobre ensino por investigação, que as pesquisas recentes parecem mostrar que, deixando como atividades separadas: a resolução de problemas, a teoria e as aulas práticas, os alunos acabam com uma visão deformada do que é ciência.

Nosso objetivo, como educadores, é o de proporcionar aos nossos alunos atividades nas quais possam pensar, debater, justificar suas ideias, modificar e ampliar seus conhecimentos em diferentes situações. Segundo Azevedo (2004), uma atividade investigativa, (não necessariamente de laboratório) é sem dúvida uma importante estratégia no ensino de Física e de Ciências em geral.

Apesar dos resultados das pesquisas em ensino de Física nos mostrarem a importância da introdução de atividades experimentais nas aulas de ciências, verificamos que tal medida ainda é bastante discreta nas salas de aula nos dias de hoje. A dificuldade em conseguir “kits” experimentais, a falta de um laboratório na escola e o grande número de alunos por turma são apenas alguns dos muitos argumentos utilizados pelos professores para a não realização de atividades experimentais em sala de aula. Uma outra constatação sobre as atividades experimentais é de que, quando estas são introduzidas na sala de aula, são feitas de forma tradicional, ou seja, os estudantes seguem um roteiro fechado para a verificação de um resultado que, quase sempre, já é conhecido. Nesse sentido, a atividade experimental se torna maçante e improdutiva para o aprendizado dos estudantes. Além disso, pelo fato de o resultado do experimento já ser conhecido pelos estudantes, muitos buscam o resultado correto, ou seja, o compromisso com o resultado, apenas para “ganhar nota”, sem que haja curiosidade pelo aprendizado.

Optamos por utilizar em nosso trabalho uma proposta de atividade experimental investigativa, por entendermos que essa proposta proporciona aos estudantes uma maior possibilidade de aprendizado. Carvalho et al. (1999), afirmam que as aulas de laboratório devem ser essencialmente investigações experimentais por meio das quais se pretende resolver um problema. Objetivamos, com essa atividade, desenvolver nos alunos o pensamento crítico, as habilidades de manipulação, questionamento, organização e de solucionar problemas.

## 2.7 – Por que utilizar vídeos em sala de aula?

A inserção de vídeos retirados da internet em nosso trabalho buscou a integração destes com outras etapas das atividades propostas para alcançar os objetivos de aprendizagem. Em relação a esse objetivo, Mujica e Medeiros (1996) afirmam que

Quando se interrompe o material e se dá ênfase à parte do vídeo que descreve alguma lei específica ou algum exemplo onde se aplica esta lei, são conseguidos resultados superiores a quando não se faz isso. (p.8)

Os vídeos tornam as aulas mais dinâmicas e atrativas para os estudantes, ilustram situações e conceitos que dificilmente poderiam ser apresentados de forma mais didática utilizando apenas giz e o quadro negro. Defendemos que o professor deve se apoiar de todas as ferramentas que tornem a aprendizagem dos alunos mais efetiva.

As mídias, segundo Vianna e Alvarenga (2009), nos permitem compreender conceitos mobilizando vários tipos de inteligências que possuímos, estimulando as habilidades potenciais que temos, não só a inteligência lógico-matemática, mas também a lingüística e a espacial.

Neste trabalho selecionamos alguns vídeos curtos (da ordem de 1 minuto cada) retirados do site do *You Tube*, de forma a abordarmos especificamente um determinado conceito. A opção dos vídeos curtos está pautada no fato de querermos dinamizar o processo de aprendizagem em sala de aula, dando ao professor maior mobilidade para utilizar outras ferramentas pedagógicas ao mesmo tempo, como por exemplo uma demonstração simples ou mesmo o quadro negro.

## **2.8 – Por que atividades lúdicas em sala de aula?**

A inserção de uma atividade lúdica em nosso trabalho buscou tornar a atividade introdutória (jogo interativo), proposta no material do aluno, atraente para eles, de modo a tornar sua participação mais ativa. Desta forma, os conteúdos vão sendo introduzidos de forma mais agradável e divertida, propiciando um aprendizado mais dinâmico.

Em seu artigo, Ramos e Ferreira (1998), afirmam que

Se o ato de brincar implica na utilização de regras ou no domínio de uma habilidade, o aprendizado será intrínseco ao ato de jogar com aquele material e/ou ideia. Assim sendo, mesmo numa brincadeira aparentemente desinteressante, o sujeito pode se “abastecer” inconscientemente de informações (através de sua ação).

## 2.9 - A atuação do professor em atividades investigativas

O papel do professor em uma atividade investigativa também é diferenciado em relação a uma aula puramente expositiva. Muito mais do que saber o conteúdo que está ensinando, o professor deve ter uma postura questionadora, propor desafios, deve saber conduzir perguntas e estimular a argumentação dos alunos, ou seja, deve deixar de ser um expositor de conteúdos e passar a ser um orientador e fomentador de estratégias investigativas, não se excluindo, no entanto, de participar ativamente da construção destas estratégias, quando se fizer necessário. O professor deve estar atento às respostas dos alunos, valorizando as respostas corretas, questionando as erradas, sem excluir do processo o aluno que errou, pois nem sempre a resposta do professor será a melhor ou mesmo a única, conforme apontam Carvalho (1998) *apud* Azevedo (2004)

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar idéias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidade para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as idéias são respeitadas. (p.25).

## 2.10 – Como inserir as atividades investigativas na sala de aula?

Borges (2002) apresenta uma alternativa para o ensino de ciências que consiste em estruturar atividades investigativas, como, por exemplo, problemas práticos abertos que os alunos devam resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor. Segundo o autor, para que um estudante ou grupo de estudantes possa resolver estes problemas ou desafios, necessitam mais do que simplesmente lembrar de uma fórmula ou de uma situação similar que conseguiram resolver. O autor identifica ainda diferentes níveis para estes problemas que vão desde problemas “fechados”, nos quais os procedimentos e recursos são apresentados pelo professor sob a forma de um roteiro, até os problemas ditos “abertos”, onde aos alunos caberá toda a solução inclusive na montagem de estratégias e procedimentos.

Borges ressalta que o entendimento e formulação de um problema são as atividades que mais exigem dos alunos e que por vezes só conseguem entender o que fazer e formular o problema, de maneira mais ou menos clara, depois de passar várias vezes pelas mesmas etapas. Nas palavras do referido autor

Durante as etapas de resolução do problema, há ciclos de realimentação para as etapas anteriores, vindas da percepção da necessidade de mudanças no planejamento, na formulação do problema ou nas técnicas utilizadas. Nossos estudos anteriores com alunos conduzindo atividades investigativas produziram evidências de que estas etapas não ocorreram sequencialmente e independentemente umas das outras, mas que, ao contrário, acontecem concomitantemente e de forma recursiva. Isto nos alerta para o fato de que, ao investigar como os alunos resolvem problemas e desafios, não devemos esperar reconhecer estas etapas nitidamente, nem observar progressos rápidos e espetaculares em seu desempenho e em sua autonomia. (p.24-25)

Por outro lado, Azevedo (2004) tenta categorizar e identificar estratégias de inserção das atividades investigativas na sala de aula. Identifica quatro modos diferentes de utilização destas estratégias, que classifica de demonstrações investigativas; laboratório aberto; questões abertas e problemas abertos. Apresentamos abaixo, as principais características relacionadas a cada uma destas estratégias, sintetizados por Penha (2006).

**Tabela 2: Categorização, Identificação e Características das Atividades Investigativas.**  
**Retirado de (Penha, 2006) (p.41).**

Atividades Investigativas	Características:
<b>Demonstrações Investigativas</b>	<p>Atividades experimentais que visam ilustrar uma teoria ou comprovar uma determinada teoria já estudada ou em estudo.</p> <p>Este tipo de demonstração poderia se iniciar com o professor propondo um problema à classe. A realização da experimentação é conduzida como se buscássemos respostas a uma pergunta prévia. Nos desdobramentos das discussões, o professor deverá conduzir a colocação das questões na tentativa de verificar quais as concepções intuitivas dos estudantes sobre este assunto.</p> <p>O professor deve ser também mais um elemento na sala de aula na procura de evidenciar e estruturar o pensamento consensual dos estudantes, destacando inclusive conceitos equivocados que possam surgir.</p> <p>Durante a realização da experimentação, o professor deverá estar preocupado com aquilo que seus alunos viram e chamar a atenção de outros aspectos da experimentação que por ventura possam ter passado despercebidos.</p> <p>Seria aconselhável que no momento da análise teórica do fenômeno estudado, o professor pudesse levantar aspectos de uma abordagem histórico-filosófica mostrando como tais conhecimentos se mostraram relevantes na sociedade, que problemas tinham os homens e a sociedade na qual este problema se mostrou pertinente, em quais paradigmas trabalhavam os homens de ciência daquela época.</p>



<b>Laboratório aberto</b>	<b>1º) Proposta do problema.</b>	Proposição pelo professor de pergunta ou questão que pudesse gerar uma ampla discussão. A busca de resposta a esta questão seria o objetivo principal do experimento.
	<b>2º) Levantamento de hipóteses.</b>	Os alunos levantariam as hipóteses para possíveis soluções do problema em meio a decisão entre eles e mediados pelo professor.
	<b>3º) Elaboração do Plano de trabalho.</b>	Montagem por parte dos estudantes de plano de trabalho, levantamento do material necessário para a montagem do arranjo experimental, forma de coleta e análise dos dados.
	<b>4º) Montagem experimental e coleta de dados.</b>	Etapa onde os alunos efetuariam as manipulações de material necessário para confecção do arranjo experimental bem como para a coleta de dados. Os alunos deverão ser estimulados a identificar possíveis imperfeições que poderão conduzi-los a resultados imprecisos, no entanto não invalidando sua pesquisa.
	<b>5º) Análise dos dados.</b>	Para a análise dos dados pode-se exigir do estudante a construção de gráficos, obtenção de equações e testes de hipóteses. Poderão ser utilizados materiais específicos como papel milimetrado ou programas computacionais como Excel. Cabe ao professor mostrar que esta é a parte fundamental do trabalho científico e que a utilização da linguagem matemática ajuda a generalização do trabalho.
	<b>6º) Conclusão</b>	Onde os alunos devem formalizar uma resposta ao problema inicial.
<b>Questões abertas</b>		Questões que relacionariam fatos do cotidiano e conceitos já construídos na sala de aula. Podem ser respondidas em pequenos grupos ou propostas como desafio para toda a classe. Torna-se importante, no entanto, que os alunos tenham sempre um registro escrito de respostas para que se vá construindo uma

	“memória dos fatos” e discussões da classe.
<b>Problemas abertos</b>	Diferem das questões abertas, pois, além da abordagem conceitual, sua solução exige a matematização dos resultados. Os alunos devem elaborar hipóteses, estabelecer relações quantitativas, estimar valores desconhecidos e verificar a coerência do modelo e das respostas obtidas. Estas situações devem ser interessantes para os alunos e de preferência envolver a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade.

## **2.11 – Como utilizar uma atividade lúdica no enfoque CTS?**

Uma das atividades desenvolvidas em nosso trabalho é a realização de um jogo interativo, realizado com os alunos divididos em grupos. Os temas centrais do jogo são efeito estufa e aquecimento global, ou seja, envolve a relação ciência, tecnologia e sociedade. Esperamos com essa atividade desenvolver e aprimorar algumas habilidades, tais como: argumentação, leitura e interpretação de textos e a própria interação colaborativa entre os componentes do grupo. A tarefa pode ser considerada uma atividade lúdica, uma vez que segue as regras de pontuação de um jogo.

## **2.12 – Como utilizar textos nas atividades investigativas com enfoque CTS ?**

Neste trabalho, utilizamos, já na fase inicial de nossas atividades, textos que problematizam as questões do efeito estufa e do aquecimento global. Procuramos, com isto, chamar a atenção dos estudantes para o problema central de nosso trabalho. Utilizamos em nosso trabalho textos retirados de diferentes fontes: jornais, artigos científicos de revistas especializadas e internet. Desta forma, os alunos terão a oportunidade de consultar e perceber as diferentes linguagens utilizadas em fontes distintas, ou seja, perceberão a diferença entre a linguagem utilizada em jornais (com menos rigor científico) e a linguagem de uma revista especializada. À medida que os alunos terão que ler os textos e elaborar perguntas para os outros grupos, será necessário que haja uma boa compreensão do que foi lido. Esperamos, assim, colaborar na formação de um cidadão mais capaz de ler e interpretar diferentes tipos de textos.

Em suma, o nosso material didático introduz o conceito central de nosso trabalho a partir de dois textos, que apresentam um tema de relevância social, problematizando-o e deixando clara a necessidade de estabelecer relações com determinados conceitos físicos, que serão necessários para sua abordagem. Em seguida, os conceitos físicos são apresentados aos alunos e, após essa fase, são explorados textos que retomam o tema em foco na unidade, para explicar as relações entre essa e os conceitos físicos estudados.

Ao final do material do aluno, foram inseridos textos para leitura e discussão em anexo de modo a tornar a discussão mais abrangente e completa. Na elaboração de nosso material didático, assim como Lobato *et al.* (2009) defendem em seu artigo, entendemos que, ao tratar o fenômeno do efeito estufa, tanto alunos quanto professores devem ter em mãos, nos seus materiais de apoio didático, uma visão mais completa do fenômeno, mesmo que alguns conceitos ainda não possam ser trabalhados no ensino médio. Algumas etapas que envolvam cálculos mais complexos podem ser omitidas, mas sem que haja perda do aprendizado conceitual do fenômeno.

## 2.13 – Como utilizar o debate simulado?

A atividade de debate simulado em nosso trabalho foi inspirada na proposta elaborada por Viera e Bazzo (2007) em seu artigo. Os autores definem um debate simulado como

Uma estratégia de ensino que possibilita a exposição de pontos de vista diferentes sobre uma mesma questão e que pode contribuir para desenvolver o poder de argumentação dos alunos. Essa atividade se desenvolve a partir de uma questão científica em discussão na sociedade (como, por exemplo, aquecimento global, transgênicos, clonagem), sobre a qual existem pontos de vista divergentes. Nesta atividade simula-se o debate e não a situação problema (p. 7).

Buscamos com a atividade do debate simulado despertar nos alunos o interesse pelas discussões científicas atuais, de forma que estes percebam a importância da opinião coletiva a respeito de temas do interesse da sociedade. Além disso, podemos listar outros objetivos que pretendemos alcançar com o debate simulado:

- Trabalhar de forma cooperativa e oferecer argumentos com base científica para o debate em torno de possíveis soluções para o problema proposto.
- Saber avaliar os distintos interesses e valores levantados no debate sobre as possíveis causas e consequências do aquecimento global.
- Desenvolver hábitos de investigação sobre temas controversos relevantes, a partir da busca, seleção e análise das diversas informações disponíveis nos diferentes meios de aquisição de conhecimentos, como, por exemplo, artigos científicos, livros didáticos e internet.
- Contribuir para combater falsos mitos sobre a Ciência, tais como: ausência de erros, incertezas e suposta neutralidade.

Procuramos seguir em nosso trabalho algumas recomendações feitas por Vieira e Bazzo (2007) para o desenvolvimento do debate simulado:

- Estimular os alunos a trabalharem de forma cooperativa e participativa nas discussões propostas.
- Disponibilizar aos alunos recursos de informação (como, por exemplo, artigos de jornais, revistas especializadas, sites da internet).
- Dividir a turma em grupos de 4 ou 5 integrantes no máximo, para facilitar o trabalho dos integrantes do grupo e do professor e permitir que todos se envolvam e participem de forma ativa.

## Capítulo 3

### Apresentação do material

Nesta seção, na primeira parte, mostraremos os materiais destinados aos professores e aos alunos, respectivamente.

No material do professor, há orientações sobre a abordagem das atividades propostas no material do aluno, com informações e sugestões enriquecedoras sobre cada unidade apresentada no exemplar do aluno. Tal aporte se faz necessário para auxiliar o docente a fim de que ele aproveite da melhor forma o material e possa atingir os objetivos desejados. Ademais, os tópicos de Física abordados podem funcionar também como um material de atualização e aperfeiçoamento dos docentes, já que sabemos que nem todos estão afinados com as pesquisas científicas mais recentes.

Já, no material do aluno, serão incluídos textos e atividades que busquem desenvolver as habilidades descritas na fundamentação teórica como essenciais ao domínio e prática do raciocínio lógico e científico. Todas as atividades relacionam-se ao tema do efeito estufa. O material do aluno está dividido em seis unidades e tem como tema “A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem CTS para o Ensino Médio”.

## **Material do professor**

A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem CTS para o Ensino Médio



## **Orientações para o professor**

Este material descreve uma proposta metodológica traduzida na forma de sequência didática que objetiva auxiliar o trabalho do professor em sala de aula. Cada professor deve adaptar as atividades propostas a sua realidade de trabalho. Desta forma, entendemos que esta proposta não precisa ser utilizado como um roteiro hermético e sim de forma maleável, mas sempre visando a estrutura proposta do ensino com enfoque CTS e atividades investigativas.

Assim foram desenvolvidos os tópicos do ensino de Física envolvidos no estudo do efeito estufa, que são os conceitos de emissão, reflexão, absorção de energia radiante e o fenômeno da ressonância. Além disso, propormos possíveis diálogos entre professor e aluno, de forma a encaminhar o desenvolvimento das atividades.

É importante que o professor esteja atento às palavras ou termos técnicos que aparecem nos textos que podem gerar dúvidas nos alunos. Assim, ele estará colaborando para o desenvolvimento da leitura dos estudantes. Recomenda-se que os textos sejam sempre discutidos com os estudantes.

A título de ilustração, estão disponíveis nos boxes algumas hipóteses, ideias, que eventualmente possam ser externadas pelos estudantes ao longo das atividades. Foram marcados com \* as hipóteses fisicamente corretas e consideradas mais completas.

Este material foi produzido considerando-se que os estudantes estão familiarizados com os conceitos de calor, temperatura, condução e convecção de calor.

Além das orientações contidas neste texto, estão disponíveis alguns textos (textos para leitura e discussão) que são necessários para a consecução das atividades aqui presentes.

## Unidade 1: Refletindo sobre o aquecimento global

Esta primeira unidade tem como principal objetivo a contextualização e problematização do tema a ser abordado. Não se espera que ao final das atividades aqui sugeridas, os estudantes já tenham desenvolvido os conhecimentos técnico-científicos minimamente necessários para argumentar com desenvoltura sobre o assunto. Nesta etapa, as perguntas formuladas e toda a argumentação será, majoritariamente, baseada em ideias do senso comum trazidas pelos estudantes e/ou subsidiadas pelos textos que possuem caráter meramente informativo.

Propomos iniciar procurando refletir sobre um problema social de ordem global: o aquecimento global. Para isso, a turma deverá se organizar em grupos de cinco alunos, que irão trabalhar de forma colaborativa, ao longo das atividades aqui propostas.

**1.1 – O professor lançará o seguinte problema:** O que vocês sabem sobre o aquecimento global?

**1.1.2 - Objetivos:** Problematizar a questão do aquecimento global, mostrando a importância do conhecimento científico para a compreensão de problemas da sociedade.

Ao responder, os alunos poderão formular algumas possíveis hipóteses:

- É o aquecimento da Terra causado pelo aumento do efeito estufa.\*
- É o aquecimento da Terra.
- É o aquecimento da Terra causado pela poluição.
- Outras hipóteses.

**1.1.3 – Etapas para a solução do problema:**

A partir das respostas dadas pelos grupos, o professor deve discutir brevemente o conteúdo dessas respostas, de modo a chegar a uma melhor definição. O professor não deve se preocupar, nesse momento, com que os alunos tenham a resposta completa para o problema, uma vez que a solução para essa atividade ocorrerá nas próximas etapas da unidade 1.

**1.2 - Jogo interativo:** O jogo, por ser uma atividade lúdica, facilita a introdução e a discussão do problema com os alunos. Estes, por sua vez, são capazes de construir o conhecimento de forma mais prazerosa. Esta atividade está associada à leitura dos textos 1 e 2 e descrita na unidade 1 do material do aluno.

**1.2.1 - Objetivos do jogo:** Aprimorar nos alunos as habilidades da argumentação, leitura e de interpretação de textos.

Algumas possíveis perguntas elaboradas pelos alunos a partir dos textos 1 e 2 do material do aluno:

- Vendo que o aquecimento global causa sobre a África efeitos como a crise agrícola, fome e guerras, diga que efeitos o aquecimento global pode causar ao Japão que é uma ilha.
- Cite três consequências do aquecimento global para o planeta e justifique-as.
- Cite duas consequências do derretimento das geleiras no campo socioeconômico.
- Relacione a redução de emissão de gases estufa e a crise econômica.
- Qual a relação das guerras civis na África com o aquecimento global?

1.2.2 – Seria recomendável que, na etapa final desta unidade, o professor realizasse um fechamento a título de esclarecimento sobre os conceitos de aquecimento global e efeito estufa antropogênico:

Aquecimento global: É um aumento significativo da temperatura média da Terra em período relativamente curto, em razão da atividade humana.

Efeito estufa antropogênico:

Aquecimento adicional da Terra, causado pela queima de combustíveis fósseis, desflorestamento, e outras atividades humanas.

## Unidade 2: Radiação térmica

Esta unidade pretende dar continuidade às discussões iniciadas na unidade anterior em direção à construção de conceitos que subsidiem argumentações mais consistentes do ponto de vista científico. Aqui introduziremos o fenômeno da radiação térmica, através da leitura do texto 3 - Como consertar o clima (adaptado de STIX, G.; Scientific American Brasil, , p. 26-29, janeiro 2006), utilização de questões abertas e apresentação de vídeos retirados da internet.

**2.1 – Problema:** Na unidade anterior, iniciamos o estudo do aquecimento global e do efeito estufa. Podemos afirmar que o efeito estufa é um fenômeno maléfico para o planeta Terra? E se não houvesse o efeito estufa, como seria a vida na Terra?

**2.1.2 - Objetivos:** Mostrar a importância do efeito estufa para o planeta; mostrar que o conceito de radiação térmica é importante para compreendê-lo , além de possibilitar o entendimento de outros fenômenos relacionados ao cotidiano.

2.2 - A partir da leitura do texto 3 (ver material do aluno) – Como consertar o clima – cada grupo deverá se posicionar em relação ao problema 2.1.

2.2.1 – Após a leitura e debate sobre o do texto pelos alunos, o professor deve definir o conceito de efeito estufa natural.

### Efeito estufa natural:

Retenção natural de energia térmica na atmosfera terrestre pelos gases do efeito estufa (principalmente o vapor d'água e o CO<sub>2</sub>).

2.3 - Questão aberta: O que acontecerá com a temperatura da sala de aula se eu desligar o ar condicionado e mantiver a porta e as janelas fechadas?

### **Possível diálogo entre professor e alunos:**

Aluno: A temperatura irá aumentar.

Professor: Por que?

Aluno: Por que a sala está fechada e o ar condicionado está desligado.

Professor: Mas se fizermos a hipótese de que vocês, aqui no interior da sala, estão termicamente isolados do meio externo, ou seja, que a transferência de calor do meio externo para o meio interno se dá de forma muito lenta, a temperatura ainda irá aumentar?

Aluno: Ainda sim vai esquentar. O nosso próprio corpo emite calor.

Professor: É isso! Todos os corpos, acima do 0K, emitem calor.

2.4 – Questão aberta: O texto 3 afirma que a Terra recebe energia do Sol e que os gases-estufa são responsáveis por manter a temperatura da Terra confortável para a vida dos seus habitantes. De que forma a energia do Sol chega à Terra? Podemos relacionar esse fenômeno com a solução da questão 2.3 ? Os processos de transferência do calor da condução e da convecção, já estudados, dão conta de explicar esse fenômeno? Explique.

2.4.1 - O professor deve definir o conceito de radiação térmica para os alunos, mostrando a diferença deste para os outros dois tipos de propagação do calor, que são a condução e a convecção, que já deverão ter sido estudados anteriormente.

### **2.5 - Apresentação dos vídeos abaixo retirados do You Tube sobre infravermelho:**

- Infrared man whole body ([http://www.youtube.com/watch?v=\\_WP2XwBhmAk](http://www.youtube.com/watch?v=_WP2XwBhmAk))
- Night vision: câmera de visão noturna ([http://www.youtube.com/watch?v=MO4-wa\\_e1Wg](http://www.youtube.com/watch?v=MO4-wa_e1Wg)).

**2.5.1 - Objetivos:** Mostrar que corpos com temperatura acima do zero absoluto emitem radiação.

**2.5.2 – Questão sobre o vídeo:** Como é possível observar o calor emitido pelos corpos? Por que não enxergamos essa radiação térmica?

2.5.3 – O professor deve apresentar o espectro eletromagnético para os alunos, utilizando o texto complementar 3: O efeito estufa (Texto adaptado de HEWITT, P.; Física Conceitual, 2002), para definir os conceitos de comprimento de onda e de frequência.

## Unidade 3: Os processos de emissão e absorção de calor pelos corpos

Nesta unidade utilizaremos a Lei de Stefan-Boltzmann para calcular a temperatura média terrestre na ausência do efeito estufa. Além disso, discutiremos, através de uma atividade investigativa, uma aplicação da radiação térmica: a garrafa térmica. O professor deve levar para a sala de aula uma garrafa térmica simples, que possa ser desmontada para a visualização de seus elementos pelos alunos.

### 3.1 - Aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann

**3.1.1 - Objetivos:** Mostrar aos alunos que a temperatura da superfície terrestre seria muito baixa caso não houvesse o efeito estufa, e que, por conta disso, a vida na Terra não seria possível.

**3.1.2 – Questões:** De que parâmetros depende a radiação térmica emitida pelos corpos? É possível estabelecermos uma relação matemática entre a radiação emitida pelo corpo e sua temperatura? Como determinar a temperatura superficial da Terra na ausência do efeito estufa?

Podemos fazer uma estimativa da temperatura da Terra caso não houvesse o efeito estufa, utilizando a Lei de Stefan-Boltzmann, que relaciona a radiação emitida por um corpo com a sua temperatura.

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada radiação térmica. Esta e qualquer outra radiação pode ser organizada na forma de um espectro eletromagnético – um catálogo de radiações de diversos comprimentos de onda (figura 10 do material do aluno). Em geral, a forma detalhada do espectro emitido depende da composição do corpo emissor. Mas existem corpos conhecidos como corpos negros ideais que emitem um espectro de caráter universal.

O corpo negro absorve toda radiação que nele incide, isto é, sua absorvidade é igual a 1 ( $a = 1$ ) e sua refletividade é nula ( $r = 0$ ), decorrendo deste último fato seu nome (negro). Todo absorvente é bom emissor. Logo, o corpo negro, além de absorvedor ideal, é também um emissor ideal. Sua emissividade é igual a 1 ( $e = 1$ ). Um corpo negro, independentemente



do material com que é confeccionado, emite radiações térmicas com a mesma intensidade, a uma dada temperatura e para cada comprimento de onda. A expressão matemática que traduz a dependência entre a quantidade de radiação emitida ( $R_e$ ) e a temperatura do corpo negro ( $T$ ) é conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann:

$$R_e = A \cdot \sigma \cdot T^4$$

Onde  $R_e$  = radiação energética total emitida,  $A$  = área corpo e  $\sigma = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  (constante de Stefan – Boltzmann).

Podemos tratar o problema do aquecimento da Terra utilizando o modelo de Stefan-Boltzmann com algumas aproximações, já que a Terra não é um corpo perfeitamente negro.

No equilíbrio térmico, a potência irradiada ou emitida por um objeto é igual à potência que ele absorve, na forma de radiação, dos objetos vizinhos.

Radiação total emitida pelo Sol:

$$R_{\text{Sol}} = A_{\text{Sol}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{Sol}}^4, \text{ onde } A_{\text{Sol}} = 4 \cdot \pi \cdot R_S^2 \text{ (} R_S = \text{raio do Sol)}.$$

Radiação total absorvida pela Terra:

$$R_{\text{abs. Terra}} = R_{\text{Sol}} \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot D^2) \cdot A_{\text{Terra}} \cdot 0,85, \text{ onde } A_{\text{Terra}} \text{ (disco)} = \pi \cdot R_T^2 \text{ (} R_T = \text{raio da Terra)}, D = \text{distância do Sol a Terra e } 0,85 \text{ (85\%)} \text{ é o percentual aproximado da radiação que incide na superfície da Terra.}$$

Radiação total emitida pela Terra:

$$R_{\text{emit. Terra}} = A_{\text{Terra}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{Terra}}^4, \text{ onde } A_{\text{Terra}} \text{ (esfera)} = 4 \cdot \pi \cdot R_T^2 \text{ (} R_T = \text{raio da Terra)}.$$

No equilíbrio térmico,  $R_{\text{emit. Terra}} = R_{\text{abs. Terra}}$

$$T_{\text{Terra}} = (1/2) \cdot T_{\text{Sol}} \cdot (2 \cdot R_{\text{Sol}} / D)^{1/2}$$

$$T_{\text{Terra}} \sim 253 \text{ K} \sim -20^\circ \text{ C}$$

Portanto, caso não houvesse o efeito estufa, a temperatura média global da Terra seria da ordem de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Estima-se que o efeito estufa que ocorre naturalmente é responsável pelo aquecimento da Terra em cerca de aproximadamente  $33^{\circ}\text{C}$ .

A matematização do conteúdo, nessa etapa, é importante para que os alunos percebam o papel do efeito estufa para o clima do nosso planeta. Não há como discutir o fenômeno do aquecimento global, sem uma base sólida científica.

### 3.2 – Compreendendo o funcionamento de uma garrafa térmica

3.2.1 - Objetivos: Retomar os conceitos de condução e convecção térmica, juntamente com o conceito de radiação térmica. Com um equipamento simples, podemos estudar simultaneamente os três fenômenos de condução de calor.

3.2.2 – Atividade investigativa: O professor deve utilizar a garrafa térmica e propor um desafio aos estudantes baseado no seguinte problema: Explique o funcionamento da garrafa térmica.

#### **Possível diálogo entre professor e alunos:**

Aluno: Ela serve para manter o café quente por um longo tempo.

Professor: Vamos olhar essa garrafa térmica aqui. Observem e descrevam a garrafa.

Aluno: Ela é de plástico por fora; Possui uma tampa de vedação; É de vidro por dentro e o vidro é espelhado por dentro e por fora.

Professor: Mas por que o vidro é espelhado?

Aluno: Como nós vimos nos vídeos, os corpos emitem radiação. O café emite radiação e esta é refletida no espelho da garrafa. Assim, o calor fica armazenado na garrafa, mantendo o café quente por mais tempo.

Professor: E se eu colocar água gelada dentro da garrafa térmica. Ela vai continuar gelada por mais tempo?

Aluno: Ela funciona tanto para manter o corpo quente, quanto para manter o corpo frio.

Professor: Isso mesmo! A função da garrafa térmica é de isolar termicamente o material (água, café, etc) do seu interior do meio exterior.

### 3.2.3 – Os conceitos físicos envolvidos no estudo da garrafa térmica

Uma garrafa térmica consiste em um recipiente de vidro com paredes duplas onde existe vácuo entre elas. (Normalmente existe também uma cobertura externa). As superfícies de vidro que ficam de frente uma para a outra são espelhadas. Uma tampa bem justa, feita de cortiça ou plástico, sela a garrafa. Qualquer líquido que esteja numa garrafa a vácuo – quente ou frio – permanecerá próximo de sua temperatura original por muitas horas.



Figura 14: Retirada do site <http://fisicacampusarangua.blogspot.com/>

A transferência de calor por condução é impossível através do vácuo. Parte do calor ainda poderia escapar por condução através do vidro e da tampa, mas esse é um processo muito lento, pois o vidro e o plástico, ou a cortiça, são maus condutores térmicos. O vácuo também impede a perda de calor por convecção através das paredes duplas. A perda de calor por radiação é reduzida pelo espelhamento das superfícies da parede dupla, que refletem as ondas de calor de volta para o interior da garrafa.

## **Unidade 4: Atividade experimental – A construção do coletor solar**

Nesta unidade exploraremos o fenômeno da radiação térmica através de uma atividade experimental. Os alunos irão construir um coletor solar; fazer a coleta de dados para responder a um questionário e preparar um relatório.

**4.1 - Objetivos:** aprimorar a habilidade de observação e de coleta de dados; fazer a correlação do experimento com o tema principal de estudo e aprender a fazer um relatório em um formato científico.

De posse do material relacionado a seguir, cada grupo deverá construir a sua versão de coletor solar. O professor deve dar as orientações básicas aos estudantes.

### **4.1.1 - Material necessário para a construção do coletor solar:**

- 2 caixas de papelão de mesmo tamanho (sem tampa);
- papel filme para tampar as caixas;
- tinta preta ou cartolina preta para cobrir o interior de uma das caixas;
- Tinta branca ou cartolina branca para cobrir o interior da outra caixa;
- dois termômetros para medir a temperatura do interior das caixas;
- duas folhas de papel milimetrado.

**4.1.2 – Relatório:** Os alunos deverão construir dois gráficos em papel milimetrado, que relacionam as variáveis Temperatura versus Tempo. Além disso, deverão responder as seguintes perguntas:

- 1) Em intervalos de tempos iguais, qual das caixas atinge maior temperatura?
- 2) Que papel você atribui à cor das caixas?
- 3) Em um dia de sol forte, o que é mais confortável: a utilização de roupas de cor clara ou escura? Justifique a sua resposta.
- 4) Qual é a função do papel filme no experimento?

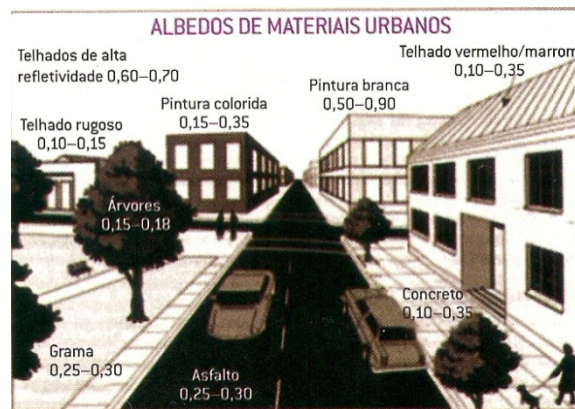
### Exercícios de revisão:

1) Diferencie o funcionamento de uma estufa de plantas do efeito estufa ocorrido na atmosfera terrestre.

2) A figura abaixo mostra os índices de refletividade (albedos) de alguns materiais. A partir do experimento e das informações da figura, determine:

a) Qual a cor mais apropriada para a pintura externa de uma casa para que esta absorva o mínimo de calor possível. Justifique sua resposta.

b) A escolha da cor no item anterior pode ajudar a reduzir o aquecimento na sua cidade?



4.1.3 – O professor deve fazer a correção integral das questões do relatório e dos exercícios de revisão com os alunos, uma vez que os problemas propostos são importantes na compreensão das aplicações do fenômeno da radiação térmica no cotidiano. Além disso, é importante que o professor ressalte a diferença entre o fenômeno do efeito estufa terrestre e de uma estufa de plantas. A analogia feita em alguns livros didáticos entre os dois fenômenos não é correta.

4.1.4 – Atividade para casa: O professor deve recomendar a leitura dos textos da unidade 5 constantes do material do aluno para a próxima aula. Deve ser chamada a atenção dos estudantes sobre a importância da leitura dos textos para a execução das atividades da unidade seguinte.

## **Unidade 5: O fenômeno do efeito estufa – um processo de ressonância**

Nesta unidade serão estudados os conceitos de vibração forçada, de frequência natural e de ressonância. A ação do professor deverá estar apoiada nos textos disponíveis na unidade 5 do material do aluno, cuja leitura foi recomendada no final da unidade 4.

**5.1 - Objetivos:** Mostrar a importância dos conceitos de vibração forçada, de frequência natural e de ressonância para o entendimento do efeito estufa.

5.1.1 – O professor deve introduzir o tema de forma contextualizada, retomando conceitos que já foram discutidos previamente. Sugerimos que o professor aborde o papel que a atmosfera terrestre exerce na retenção da energia térmica, o que pode ser feito a partir da questão a seguir:

Questão: A atmosfera terrestre exerce um papel muito importante na retenção de energia térmica em nosso planeta. Contudo, somente alguns poucos gases são responsáveis por tal efeito. Descreva o processo de retenção dessa energia.

### **5.2 - Conceitos de vibrações forçadas, frequência natural e ressonância:**

Os conceitos supracitados estão apresentados no material do aluno (unidade 5) e deverão ser detalhadamente discutidos com os estudantes.

## **Unidade 6: Avaliação final**

A partir dos textos disponíveis nesse trabalho e de outras possíveis fontes de consulta, os alunos deverão participar de um júri simulado.

**6.1 - Objetivos:** Esta atividade tem como um de seus objetivos fazer com que os alunos desenvolvam e aprimorem a argumentação, uma vez que consideramos esta habilidade uma das mais importantes no estudo de Ciências. Buscamos também, fazer um fechamento das atividades, visto que, para a realização dessa etapa, os alunos precisarão ter tido um bom aproveitamento nas etapas anteriores.

### **6.1.2 - Júri simulado:**

A turma deverá ser dividida em dois grupos:

-Um grupo será responsável por argumentar a favor dos países que defendem a queda na emissão dos gases estufa, ou seja, países que buscam um desenvolvimento econômico sustentável.

- Um grupo será responsável por argumentar a favor dos países que defendem uma economia altamente industrializada, mesmo que, para isso, as emissões de gases estufa sejam elevadas.

**6.1.3 – Desenvolvimento da atividade:** Com a turma dividida em dois grandes grupos, os alunos, de posse dos textos de seu material para consulta, deverão utilizá-los para melhor fundamentar a sua argumentação. A organização das defesas de cada grupo será feita em casa e o professor deverá marcar uma data para o debate.

**6.1.4 –** Na aula debate, os processos argumentativos serão avaliados por um júri que poderá ser composto por outros professores de Física e de outras disciplinas, como Geografia, por exemplo. Será avaliado o poder de argumentação de cada grupo, baseado nos conceitos estudados. O grupo que melhor defender seus argumentos será considerado o grupo vencedor.

**6.1.4 – Desenvolvimento do debate:** Cada grupo terá 10 minutos para expor as suas idéias. Após a argumentação dos dois grupos, cada grupo irá elaborar duas perguntas para o outro grupo. Estas perguntas devem ser elaboradas em 1 minuto e o grupo a responder terá 3 minutos para responder a cada pergunta.

**6.1.5 – Fechamento da atividade:** Cada aluno deverá redigir um texto que contenha um resumo das principais idéias discutidas no debate.

Os alunos serão avaliados ao longo de todas as etapas das atividades. O professor deve levar em conta tanto a participação quanto o comprometimento durante o desenvolvimento de todas as etapas. Além disso, deve estar atento aos conceitos físicos na argumentação dos estudantes, de forma que esses conceitos estejam corretamente apresentados e se há coerência no processo argumentativo.



## **Material do aluno**

A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem CTS para o Ensino Médio

## **Unidade 1: Refletindo sobre o aquecimento global**

Vamos iniciar procurando refletir sobre o que sabemos em relação ao aquecimento global. Para isso, a turma deverá se organizar em grupos de cinco alunos, que irão trabalhar de forma colaborativa, ao longo das atividades aqui propostas.

1.1 - Cada grupo deverá apresentar oralmente sua versão sobre o aquecimento global.

1.2 - Jogo interativo

A partir de um sorteio, será escolhido um grupo para elaborar perguntas relacionadas aos textos a seguir, para um dos outros grupos. O grupo escolhido para responder as perguntas poderá fazê-lo ou passar a vez para outro grupo (que será sorteado pelo professor). Cada grupo deverá elaborar duas ou três pergunta(s) para o grupo escolhido.

O grupo que elaborou as perguntas pode aceitar ou não as respostas dadas, justificando as recusas, sendo permitido, portanto, réplica e tréplica.

Ao final de cada etapa de pergunta(s) e resposta(s), um novo grupo deve ser sorteado para elaborar outras perguntas para outro grupo. Todos os grupos devem elaborar e responder ao mesmo número de perguntas, de forma que o grupo vencedor será aquele que ao final da atividade conseguir conquistar mais pontos.

Obs: O voto de Minerva num possível impasse entre os grupos é do professor.

Pontuação:

- resposta correta: 2 pontos
- resposta incompleta: 1 ponto
- resposta errada: 0 pontos

### **Texto 1**

**Aquecimento global estimula guerras na África, diz estudo.**

Uma nova desgraça foi acrescentada aos futuros malefícios do aquecimento global. Além de poder causar declínio na produção de alimentos e aumentar o nível do mar, a mudança no clima também vai incentivar mais guerra na África.

Baseado na história recente de conflitos e temperatura, um estudo feito por pesquisadores nos Estados Unidos indica que em 2030 a incidência de conflito na África ao sul do deserto do Saara será 54% maior, resultando em adicionais 393 mil mortes em combate.

"Nós certamente não alegamos que todas as guerras estão vinculadas ao clima, ou que o clima é a causa única de qualquer guerra. Tudo que dizemos é que, em média, as guerras civis na África historicamente têm muito mais probabilidade de ocorrerem em anos quentes, e que o aquecimento futuro poderá aumentar a probabilidade dessas guerras", disse à Folha o principal autor do estudo, Marshall Burke, da Universidade da Califórnia em Berkeley.

O artigo, publicado na última edição da revista científica "PNAS", baseou-se nos conflitos ocorridos entre 1981 e 2002 e que tenham causado cada um ao menos mil mortos em batalhas. Incluindo os desastres humanitários provocados pelas guerras, como os deslocamentos de refugiados, menos comida e mais doença, as mortes são contadas aos milhões.

### **Crise no campo**

Mas como o calor ajudaria a causar guerras tão diferentes entre si como a luta entre as tribos tutsis e hutus em Ruanda ou a guerra civil no Sudão?

"Nós acreditamos que o mecanismo ligando clima e conflito seja a produtividade agrícola. A maioria dos estudos recentes sobre causas de conflito mostrou que o conflito está intimamente relacionado com crise econômica; na África, as economias estão diretamente ligadas à produtividade agrícola; e nós sabemos que a produtividade agrícola é muito sensível a mudanças na temperatura", argumenta Burke. A equipe de cinco pesquisadores lembra no artigo que a agricultura responde por mais de 50% dos produtos internos brutos dos países africanos e é responsável por até 90% dos empregos em muitos deles. E para cada grau Celsius de aumento de temperatura, a produtividade de culturas básicas diminui entre 10% e 30%. Eles notaram que, no período estudado, cada grau de aumento na temperatura correspondia a um aumento de 4,5% nos conflitos no mesmo ano.

"Declínios na produtividade agrícola induzidos pela temperatura devem estar associados com aumento de conflito. Isso é apoiado por evidências subjetivas em boa parte da África, como os conflitos no Mali, Níger e partes do Chifre da África a leste, mas, repito, não queremos atribuir nenhuma guerra em particular a apenas uma causa", continua o pesquisador.

Entre os cenários contemplados no estudo está um mais "otimista", que também inclui no modelo um crescimento econômico per capita de 2% e níveis de democratização semelhantes aos do período estudado. "Nós descobrimos que nenhum dos dois é capaz de superar os grandes efeitos do aumento de temperatura na incidência de guerra civil", escreveram os autores no artigo na "PNAS".

"O último elemento em nossa defesa é que nós tentamos controlar cuidadosamente as características individuais de cada país - quão ricos ou pobres eles são, quão democráticos eles são e, mesmo controlando essas variáveis, o forte sinal da temperatura permanece", afirma Burke.

(BONALUME, Ricardo Neto. Folha de S. Paulo. Retirado de <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u660747.shtml> em 06/12/2009).

## **Texto 2**

### **Crise reduz emissão de gás-estufa**

A recessão global resultou na maior redução da emissão de gases-estufa em ao menos quatro décadas, criando uma “oportunidade única” para afastar o mundo do padrão de crescimento altamente baseado em carbono, segundo a AIE (Agência Internacional de Energia, ligada à ONU).

No primeiro grande estudo do impacto da crise nas mudanças climáticas, a AIE descobriu que as emissões de dióxido de carbono a partir da queima de combustíveis fósseis sofreram uma “significativa queda” neste ano – mais do que qualquer período nos últimos 40 anos.

A desaceleração da produção industrial é uma das responsáveis pela diminuição do gás carbônico, mas outros fatores contribuíram, como a suspensão de projetos de usinas a carvão.

Pela primeira vez, as políticas públicas para cortar emissões tiveram impacto importante. A AIE estima que um quarto da baixa resulte da regulação, uma proporção “sem precedentes”, diz o relatório. Três iniciativas tiveram especial efeito: a meta da União Européia de reduzir as emissões em 20% até 2010; os padrões para as emissões de carros fixados pelos EUA; e as políticas de eficiência energética da China.

Fatih Birol, economista-chefe da AIE, disse que a queda foi “surpreendente” e torna “muito menos difícil” atingir as reduções que os cientistas apontam ser necessárias para evitar um perigoso aquecimento global. “Temos uma nova situação, com as mudanças na demanda por energia e o adiamento de muitos investimentos na área”, disse Birol. “Mas isso apenas tem significado se pudermos fazer uso dessa janela de oportunidade única. (isso

significa) um acordo em Copenhague.” ( “FINANCIAL TIMES”, Folha de São Paulo, 21 de setembro de 2009).

**Nota:** A Agência Internacional de Energia (AIE) é uma organização internacional que atua como assessora de política de energia para 28 países membros em seus esforços para garantir preços acessíveis, confiáveis e limpas de energia para os seus cidadãos.

1.2.1 - Ao final do jogo, os grupos deverão procurar responder às seguintes perguntas:

- 1) O que podemos entender a respeito do aquecimento global a partir da leitura dos textos 1 e 2 ?
- 2) O que podemos entender a respeito do fenômeno do efeito estufa a partir da leitura dos textos 1 e 2 ?
- 3) É possível relacionarmos o aquecimento global e o fenômeno do efeito estufa a partir da leitura dos textos 1 e 2 ?

## Unidade 2: Radiação térmica

2.1 – Na unidade anterior, iniciamos algumas discussões sobre aquecimento global e efeito estufa. Podemos afirmar que o efeito estufa é um fenômeno maléfico para o planeta Terra? E se não houvesse o efeito estufa, como seria a vida na Terra?

2.2 - A partir da leitura do texto a seguir – Como consertar o clima – cada grupo deverá procurar responder às questões acima.

**Texto 3: Como consertar o clima** (adaptado de STIX, G.; Scientific American Brasil, , p. 26-29, janeiro 2006).

Por séculos, exploradores tentaram sem sucesso encontrar um caminho do Atlântico ao Pacífico pelo norte gelado. O espectro da fome e o escorbuto rondavam os marinheiros, e a passagem nunca foi encontrada.

No entanto, daqui a 40 anos ou menos é provável que o aquecimento global torne realidade o sonho dos navegadores daquela época. Uma rota comercial efetivamente se abrirá ao norte, competindo com o canal do Panamá.

As novas rotas de navegação no Ártico, entretanto, estariam entre os poucos efeitos positivos da mudança acelerada no clima.

Outras consequências, como o derretimento das geleiras, perturbações na corrente do Golfo e ondas recorde de calor, beirariam a catástrofe, causando enchentes, doenças, furacões e secas.

Os níveis atuais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – cerca de 400 partes por milhão (ppm) na atmosfera terrestre – são maiores do que em qualquer outra época nos últimos 650 mil anos pelo menos, e atingirão 530 ppm em 2050 se não houver intervenção radical.

Os gases do efeito estufa são na verdade necessários. O vapor d'água, o dióxido de carbono e metano impedem que parte da energia recebida do Sol seja totalmente reemitida de volta para o espaço, mantendo a temperatura da atmosfera confortável tanto para protozoários quanto para seres humanos. Mas o excesso, em particular de dióxido de carbono emitido por automóveis e usinas termoelétricas, faz os termômetros subirem gradualmente. Dentre os 20 anos mais quentes já registrados, quase todos ocorreram da década de 80 para cá.

Evitar que a estufa atmosférica se transforme em sauna será provavelmente o desafio científico e técnico mais formidável que a humanidade já enfrentou.

A mudança climática torna forçosa a reestruturação maciça da matriz energética mundial. A preocupação com a oferta de combustíveis fósseis só alcança proporções críticas quando se leva em conta a proteção do clima. Mesmo se em breve a produção de petróleo começasse a declinar, o carvão poderia suprir o mundo por pelo menos mais um século. Mas estes dois combustíveis, que respondem por 80% do consumo mundial de energia, se tornarão um fardo se não houver limitação da emissão de carbono.

Talvez uma revolução nas baterias solares inicie uma era fotovoltaica, permitindo que uma única fonte de energia seja usada tanto por telefones celulares quanto por usinas siderúrgicas. Mas se isso não ocorrer – o que é provável – será necessário empregar diversas alternativas ao mesmo tempo (como biocombustíveis, energia solar, hidrogênio e energia nuclear) para descartar o uso do carbono.

2.3 – Questão aberta: O que acontecerá com a temperatura da sala de aula se eu desligar o ar condicionado e mantiver a porta e as janelas fechadas?

2.4 – Questão aberta: O texto afirma que a Terra recebe energia do sol e que os gases-estufa são responsáveis por manter a temperatura da Terra confortável para a vida dos seus habitantes. De que forma a energia do Sol chega à Terra? Podemos relacionar esse fenômeno com a solução da questão 2.3 ? Os processos de transferência do calor da condução e da convecção, já estudados em aulas anteriores, dão conta de explicar esse fenômeno? Explique.

2.5 - Apresentação dos seguintes vídeos: INFRARED MAN WHOLE BODY e CÂMERA DE VISÃO NOTURNA AUTOMOTIVA.

2.5.1 – Questão sobre o vídeo:

1) Como é possível observar o calor emitido pelos corpos? Por que não enxergamos essa radiação térmica?

## **Unidade 3: Os processos de emissão e absorção de calor pelos corpos**

3.1 - Na unidade anterior, observamos através dos vídeos “infrared man whole body” e “câmera de visão noturna automotiva”, que qualquer corpo que esteja acima do zero absoluto, emite radiação térmica. De que parâmetros depende a radiação térmica emitida pelos corpos? É possível estabelecermos uma relação matemática entre a radiação emitida pelo corpo e sua temperatura? Como determinar a temperatura superficial da Terra na ausência do efeito estufa?

3.2 - Compreendendo o funcionamento de uma garrafa térmica

3.2.1 – De posse da garrafa térmica, procure separar os seus componentes, observando-os e descreva a função desses componentes e o seu funcionamento.



## Unidade 4: O coletor solar

João comenta com um amigo que a casa onde mora é muito quente pelo excesso de energia solar recebida ao longo do dia. O amigo, então, aconselha João a trocar a cor das paredes internas e externas de branco para preto. Será que o problema de João será amenizado, ou mesmo resolvido?

### 4.1 - Construção de um coletor solar

Material necessário para a atividade:

- 2 caixas de papelão de mesmo tamanho (sem tampa);
- papel filme para tampar as caixas;
- tinta preta ou cartolina preta para cobrir o interior de uma das caixas;
- Tinta branca ou cartolina branca para cobrir o interior da outra caixa;
- dois termômetros para medir a temperatura do interior das caixas;
- duas folhas de papel milimetrado.

4.1.1 - Relatório: Os grupos deverão construir dois gráficos em papel milimetrado, que relacionam as variáveis Temperatura versus Tempo. Além disso, deverão responder as seguintes perguntas:

- 1) Em intervalos de tempos iguais, qual das caixas atinge maior temperatura?
- 2) Que papel você atribui à cor das caixas?
- 3) Em um dia de sol forte, o que é mais confortável: a utilização de roupas de cor clara ou escura? Justifique a sua resposta.
- 4) Qual é a função do papel filme no experimento?

4.1.2 - Exercícios de revisão:

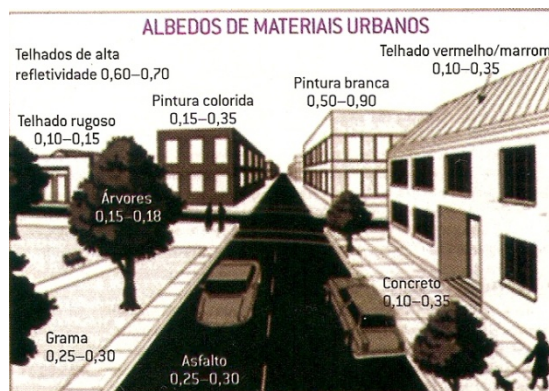
A partir da atividade experimental proposta e do texto complementar 3, resolvam as questões propostas abaixo:

1) Diferencie o funcionamento de uma estufa de plantas do efeito estufa ocorrido na atmosfera terrestre.

2) A figura abaixo mostra os índices de refletividade (albedos) de alguns materiais. A partir do experimento e das informações da figura abaixo, responda:

a) Qual a cor mais apropriada para a pintura externa de uma casa para que esta absorva o mínimo de calor possível. Justifique sua resposta.

b) A escolha da cor no item anterior pode ajudar a reduzir o aquecimento na sua cidade?



## Unidade 5: O fenômeno do efeito estufa – um processo de ressonância

5.1 - A atmosfera terrestre exerce um papel muito importante na retenção de energia térmica em nosso planeta. Contudo, somente alguns poucos gases são responsáveis por tal efeito. Descreva o processo de retenção dessa energia.

5.2 - Conceitos de vibrações forçadas, frequência natural e ressonância (Texto retirado e adaptado de HEWITT, P.; Física Conceitual, 2002).

### Vibrações forçadas

Se segurarmos um diapasão de forquilha (ver figura 2) e o colocarmos a vibrar, o som emitido será muito fraco. Mas se o apoiarmos no tampo de uma mesa após o percutirmos, o som produzido terá um maior volume. A razão é que o tampo da mesa é forçado a vibrar e, com sua superfície mais extensa, colocará em movimento uma maior quantidade de ar próxima a si. O tampo da mesa pode ser posto a vibrar por um diapasão de qualquer frequência. Este constitui um caso de vibração forçada. Alguns exemplos de oscilações forçadas são: as oscilações do tímpano de nosso ouvido sob a ação das ondas sonoras; as oscilações de uma pessoa sentada em um balanço sob a ação de empurrões periódicos; as oscilações dos elétrons em átomos ou moléculas de um meio material sob a ação de uma onda eletromagnética, como a luz, que se propaga nesse meio.

### Frequência natural

É improvável que uma pessoa confunda o som emitido pela queda de um molho de chaves no chão, com o som emitido pelo estilhaçar de uma vidraça por uma pedra. Isso, porque os dois objetos vibram de maneira diferente. Se você bater de leve num molho de chaves, as vibrações que ela produzirá serão diferentes das de um estilhaçar de uma vidraça por uma pedra, ou de qualquer outra coisa. Qualquer objeto dotado de flexibilidade (elástico), quando perturbado, vibrará com seu próprio conjunto de frequências particulares, que juntas formam seu som próprio. Falamos, então, na frequência natural de um objeto, a qual depende de um conjunto de fatores tais como a elasticidade e a forma do objeto. Os sinos e os diapasões de afinação, é claro, vibram em suas próprias frequências características. E

curiosamente, a maioria das coisas, desde planetas a átomos ou praticamente qualquer outra coisa, possui uma elasticidade própria e vibra em uma ou mais frequências naturais.

## Ressonância

Quando a frequência da vibração forçada de um objeto se iguala à frequência natural dele, ocorre um dramático aumento da amplitude, ou seja, se pensarmos em uma criança brincando em um balanço, a amplitude é dada pela distância entre a posição inicial de repouso (balanço parado na vertical) e a posição mais afastada da posição inicial. Quando fazemos um balanço oscilar, o fazemos num ritmo que é igual a sua frequência natural. Mesmo pequenos empurrões dados, se dados em ritmo com a frequência de oscilação do balanço, produzirão grandes amplitudes.

A ressonância não se restringe ao movimento ondulatório. Ela ocorre sempre que impulsos sucessivos são aplicados sobre um objeto vibrante, em ritmo com sua frequência natural. Em 1831, tropas de cavalaria marchando ao longo de uma ponte para pedestres próxima a Manchester, Inglaterra, inadvertidamente causaram o colapso da ponte quando o ritmo da marcha se igualou à frequência natural da estrutura. Desde então, tornou-se costume ordenar às tropas que “percam o passo” ao atravessar pontes – para que não ocorra ressonância.

## O fenômeno da ressonância para ondas eletromagnéticas

A luz é uma onda eletromagnética que transporta energia e que emana dos elétrons oscilantes existentes nos átomos. Quando a luz se transmite através da matéria, alguns dos elétrons são forçados a oscilar. Dessa maneira, as oscilações do emissor são transformadas em oscilações no receptor. Isso é análogo à maneira como o som é transmitido, como mostra a figura 2 abaixo.

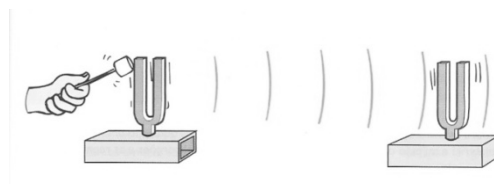


Figura 2: Da mesma forma que uma onda sonora pode “obrigar” um receptor de som a vibrar, uma onda luminosa pode forçar os elétrons existentes nos materiais a entrar em vibração. (Fonte: Hewitt, P., Física Conceitual, 2002)

Assim, a maneira como um material receptor responde à incidência da luz depende da frequência da própria luz e da frequência natural dos elétrons do material. A luz visível oscila a uma frequência bastante alta, cerca de uns 100 trilhões de vezes por segundo ( $10^{14}$  Hz). Se um objeto eletrizado responder a essas vibrações ultra-rápidas, ele deve possuir pouquíssima inércia. Como a massa dos elétrons é assim tão minúscula, eles conseguem vibrar naquela faixa.

Materiais tais como vidro e água permitem que a luz os atravesse em linha reta. Dizemos que eles são transparentes à luz. Para compreender como a luz consegue atravessar um material, visualize os elétrons nos átomos dos materiais transparentes como se eles estivessem ligados aos núcleos por molas.

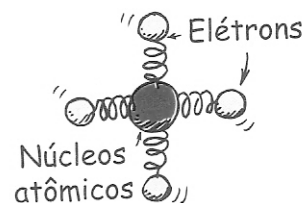


Figura 3: Os elétrons dos átomos do vidro possuem determinadas frequências naturais de vibração e podem ser representados por modelos em que as partículas que os representam estão ligadas ao núcleo atômico por meio de molas. (Fonte: Hewitt, P., Física Conceitual, 2002)

Os materiais dotados de flexibilidade (elásticos) respondem mais a determinadas frequências do que a outras. Os sinos soam numa frequência própria, os diapasões de afinação vibram numa frequência particular, e assim o fazem os elétrons existentes nos átomos e nas moléculas. As frequências naturais de oscilação de um elétron dependem de quão fortemente ele está ligado a seu átomo ou molécula. Diferentes átomos ou moléculas possuem diferentes “constantes elásticas”. Os elétrons dos átomos do vidro possuem uma frequência natural de vibração que se situa na faixa do ultravioleta. Portanto, quando as ondas ultravioletas incidem sobre o vidro, ocorre a ressonância e as vibrações dos elétrons alcançam grandes amplitudes, de forma análoga como um balanço de criança alcança grandes amplitudes quando empurrado repetidamente com sua frequência de ressonância. A energia que um átomo de vidro recebe ou é reemitida ou transferida para seus vizinhos por meio de colisões. Os átomos ressoantes do vidro conseguem reter a energia da luz ultravioleta por um tempo muito longo (cerca de 100 milionésimos de segundo).

Durante esse tempo, os átomos executam cerca de 1 milhão de oscilações, colidindo com seus vizinhos e descartando sua energia como calor. Assim, o vidro não é transparente à luz ultravioleta.

Em frequências de onda mais baixas, tais como as da luz visível, os elétrons do vidro são colocados em vibração, mas com uma amplitude menor. Os átomos retêm a energia por menos tempo, havendo menor chance de colisão com os átomos vizinhos e menos transferência de energia na forma de calor. A energia dos elétrons oscilantes é reemitida como luz. O vidro, então, é transparente a todas as frequências do espectro visível. A frequência da luz reemitida e que passa de átomo para átomo é idêntica à frequência da luz que iniciou a oscilação. No entanto, existe um pequeno tempo de atraso entre a absorção e a reemissão.

As ondas infravermelhas, com frequências mais baixas do que as da luz visível, fazem vibrar não apenas os elétrons, mas também átomos ou moléculas inteiras da estrutura do vidro. Essas vibrações aumentam a energia interna e a temperatura da estrutura, motivo pelo qual as ondas infravermelhas são costumeiramente chamadas de ondas de calor. O vidro é transparente à luz visível, mas não ao ultravioleta e ao infravermelho.

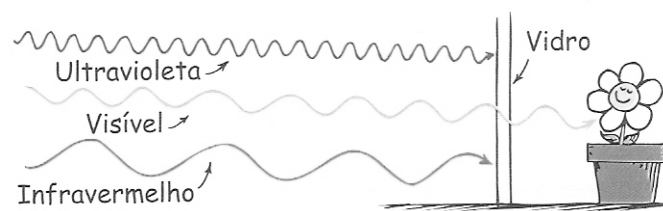


Figura 4: O vidro bloqueia tanto o infravermelho quanto o ultravioleta, mas é transparente à luz visível. (Fonte: Hewitt, P., Física Conceitual, 2002)

**Nota:** Os elétrons, é claro, não estão de fato ligados por molas. Suas “vibrações” são, de fato, orbitais, enquanto eles se movem ao redor do núcleo, mas o “modelo de molas” ajuda-nos a compreender a interação da luz com a matéria. A validade de um modelo não reside em ele se “verdadeiro”, mas em ser útil. Um bom modelo não apenas é consistente com as observações e as explica, mas também prediz o que pode acontecer. O modelo simplificado que apresentamos aqui – de um átomo cujos elétrons oscilam como se estivessem presos a molas, havendo um certo intervalo de tempo entre a absorção e a reemissão de energia – é muito útil para compreender como a luz consegue atravessar sólidos transparentes.

## A atmosfera e o Efeito Estufa

A atmosfera terrestre é composta basicamente pelos seguintes gases, em percentual: Nitrogênio (70%), Oxigênio (21%), vapor de água (entre 0 e 4%), Argônio (0,9%), Dióxido de Carbono (0,3%), Neônio (0,002%), Hélio (0,0005%) e Metano (0,0002%). No entanto, os gases causadores do efeito estufa compõem apenas 0,1% do volume total da atmosfera terrestre e, devido a esta baixa concentração, são conhecidos como “gases-traços” da atmosfera.

Surpreendentemente, os gases responsáveis pelo efeito estufa natural não são o nitrogênio e o oxigênio (maiores constituintes da atmosfera terrestre), e sim, o vapor de água (responsável por quase 70% do fenômeno) e o dióxido de carbono. Além do vapor de água ser o gás estufa predominante na atmosfera, ele também absorve radiação numa larga banda do espectro infravermelho. A razão pela qual esses dois gases são denominados de gases estufa se deve ao fato de eles serem excelentes absorvedores da radiação infravermelha.

Na atmosfera acontecem processos de troca de energia térmica importantes para o clima terrestre. Existem a condução de calor, a convecção e a interação da radiação eletromagnética com os gases e partículas que compõem a atmosfera. Neste último caso, pode ocorrer absorção ou algum processo de espalhamento que dependem de fatores como o comprimento de onda da radiação, a composição química dos componentes envolvidos e o tamanho das partículas. O resultado líquido dessa interação é um aquecimento adicional da superfície terrestre, possibilitando que a sua temperatura média global seja cerca de 15°C ao invés daqueles inóspitos – 18°C calculada pelo equilíbrio Terra-Sol.

As moléculas de vapor de água, o dióxido de carbono e alguns outros gases absorvem radiação eletromagnética, apresentando uma eficiência de absorção relativamente menor para a radiação solar (ondas curtas), do que para a radiação vinda da superfície da Terra (ondas longas). Esses gases atmosféricos aquecidos também emitem radiação, a qual dirige-se em parte para a Terra e em parte para o espaço. O aquecimento adicional da superfície terrestre por esse processo é chamado de Efeito Estufa. Como se pode perceber, ele contribui para uma condição climática essencial ao desenvolvimento da biosfera terrestre.

Vejamos, então, as explicações para os fatos acima supracitados:

As radiações provenientes do Sol, principalmente na faixa do visível (alta energia), quando chegam à Terra são absorvidas e reemitidas na forma de infravermelho (baixa energia). Essa radiação que é emitida pela superfície da Terra é absorvida pelos gases do efeito estufa presentes na atmosfera ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , óxidos de enxofre e óxidos de

nitrogênio) e novamente reemitida para a atmosfera. Essas moléculas triatômicas (figura 5) dos gases estufa presentes na atmosfera são eficientes na absorção de radiação infravermelha porque apresentam diferentes modos de vibração em resposta à radiação térmica, ou seja, essas moléculas são capazes de entrar em ressonância com diferentes valores de frequência da radiação infravermelha, enquanto as moléculas diatômicas do  $N_2$  e do  $O_2$  (figura 6) possuem apenas um modo de vibração possível (HOBSON, 1998).

O modelo utilizado para entender esse fenômeno é o do oscilador harmônico, figuras 5 e 6. Duas bolas de massas  $m_1$  e  $m_2$  ligadas por uma mola podem ser associadas a moléculas diatômicas, como os gases  $O_2$  e  $N_2$  que ocupam a maior parte da atmosfera terrestre e a mola seria a ligação química entre os dois átomos. A constante elástica ( $K$ ) da mola está relacionada com a força da ligação, ou seja, se a ligação química for forte, a constante elástica também será maior. As partículas iniciam o movimento quando se afastam de outras partículas, assim, a mola aplica uma força contrária havendo uma frequência  $f$  de oscilação característica para cada um dos casos. Sabendo qual é a frequência de oscilação, podemos calcular qual é a energia ( $E$ ) referente através da equação de Planck ( $E = h.f$ ), onde  $h$  é a constante de Planck e  $f$  é a frequência da radiação. A frequência de oscilação é a assinatura da molécula quando interage com alguma radiação. A espectroscopia no infravermelho verifica a assinatura de uma molécula quando interage com a radiação infravermelha. Para cada molécula ou substância existe uma assinatura diferente.

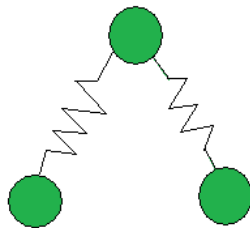


Figura 5: Modelo de molécula triatômica.

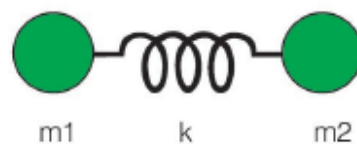


Figura 6: Modelo do oscilador harmônico – duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  ligadas por uma mola de constante elástica  $K$ .



## **Unidade 6: Avaliação final**

A partir dos textos da unidade 5 e dos textos complementares disponíveis nesse trabalho, os alunos deverão participar de um júri simulado.

### 6.1 - Júri simulado:

A turma será dividida em dois grupos:

- Um grupo será responsável pela defesa dos países que defendem a queda na emissão dos gases estufa, ou seja, países que buscam um desenvolvimento econômico sustentável.

- Um grupo será responsável pela defesa dos países que defendem uma economia altamente industrializada, mesmo que, para isso, as emissões de gases estufa sejam elevadas.

6.2 – Desenvolvimento do debate: Cada grupo terá 10 minutos para expor as suas ideias. Após a argumentação dos dois grupos, cada grupo irá elaborar duas perguntas para o outro grupo. Estas perguntas devem ser elaboradas em 1 minuto e o grupo a responder terá 3 minutos para responder a cada pergunta.

6.3 – Fechamento da atividade: cada aluno deverá redigir um texto que contenha um resumo de 20 linhas das principais ideias discutidas no debate.

## Anexo: Textos para leitura e discussão

**Texto 1: O espectro eletromagnético** (Texto adaptado de HEWITT, P.; Física Conceitual, 2002).

Uma onda eletromagnética não é como uma onda em uma corda, na água, ou mesmo como o som; enquanto que essas existem em função da vibração das partículas do meio em que a onda se propaga, a onda eletromagnética é constituída de oscilações de campos elétricos e magnéticos. Tal propriedade permite que as ondas eletromagnéticas se propaguem no vácuo. As ondas eletromagnéticas formam um espectro, e elas se distinguem por suas diferentes frequências. As ondas de frequência um pouco superior à faixa do visível são denominadas radiações ultravioletas (as quais, sabe-se hoje, são extremamente maléficas para a pele); as de frequência inferior (ver figura 7) são chamadas radiações infravermelhas, também denominadas “radiações de calor” (elas possuem frequências que são absorvidas pelo organismo humano; são elas que fazem com que sintamos calor quando estamos perto de uma fogueira).

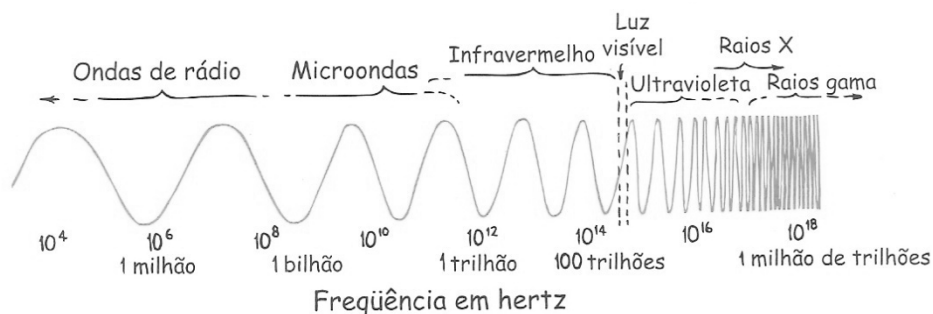


Figura 7: Espectro eletromagnético (Fonte: Hewitt, P., Física Conceitual, 2002)

**Texto 2: Radiação térmica** (Texto adaptado de Hewitt, P.; Física Conceitual, 2002).

Todos os objetos – você, eu e tudo o mais que nos rodeia – emitem continuamente energia radiante numa mistura de frequências e correspondentes comprimentos de onda. A frequência de pico  $f$  da energia radiante é diretamente proporcional à temperatura absoluta  $T$  do emissor ( $f \propto T$ ).

A superfície do Sol tem alta temperatura (pelos padrões terrestres) e, portanto, emite energia radiante em alta frequência – boa parte dela na faixa visível do espectro. A superfície da Terra, em comparação, é relativamente fria, e desse modo a energia radiante que ela emite

tem uma frequência mais baixa do que a luz visível – radiação infravermelha. Aproximadamente, 60% da radiação infravermelha emitida pela Terra escapa para o espaço; os outros 40% são absorvidos pelos gases do efeito estufa.

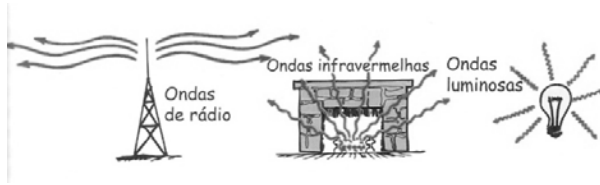


Figura 8: Tipos de energia radiante (ondas eletromagnéticas). (Fonte: Hewitt, P., Física Conceitual, 2002)

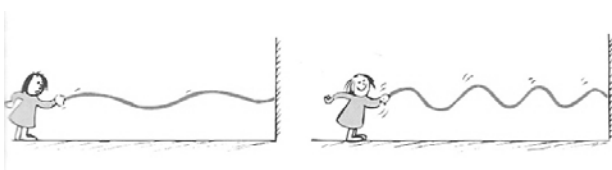


Figura 9: Uma onda com comprimento de onda longo é produzida quando a corda é sacudida suavemente (em uma frequência baixa). Quando ela é sacudida mais vigorosamente (com alta frequência), uma onda com comprimento de onda mais curto é produzida. (Fonte: Hewitt, P.; 2002)

**Texto 3: O efeito estufa** (Texto adaptado de HEWITT, P.; Física Conceitual, 2002).

A Terra e sua atmosfera ganham energia quando absorvem a energia radiante vinda do Sol. Isso aquece o planeta. A Terra, por sua vez, emite radiação terrestre, a maior parte da qual acaba escapando para o espaço exterior. A absorção e a emissão prosseguem até produzirem uma temperatura média de equilíbrio. Nos últimos 500.000 anos a temperatura média da Terra flutuou entre 19°C e 27°C, e presentemente está no ponto máximo, 27°C.

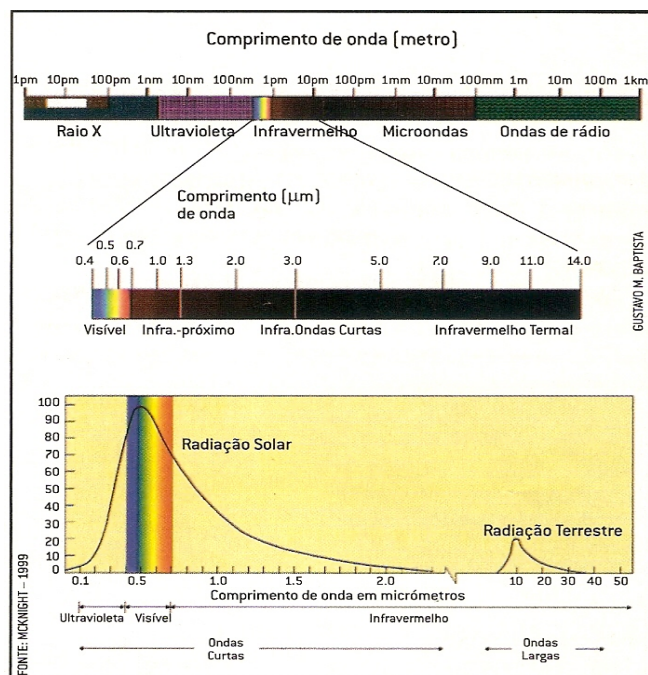


Figura 10: Espectro eletromagnético.

A temperatura da Terra aumenta quando aumenta a incidência de energia radiante ou quando diminui o escape da radiação terrestre. Um importante parâmetro relacionado à absorção e à reflexão de radiação é o albedo dos materiais. O albedo ou índice de refletividade de um objeto é a razão entre a quantidade de radiação solar refletida pelo objeto e a quantidade total que ele recebe. Um objeto com um alto albedo é mais brilhante do que um objeto com um baixo albedo. Um objeto branco, completamente refletor, tem um albedo 1,0 enquanto que um objeto preto, sem refletividade, tem um albedo 0,0 (zero). A Terra, por exemplo, possui um albedo médio igual a 0,39.

O efeito estufa é o aquecimento da atmosfera mais baixa, o efeito dos gases atmosféricos sobre o balanço entre a radiação solar e a radiação terrestre. Por causa da alta temperatura do Sol, a radiação solar é formada por ondas eletromagnéticas de alta frequência – ultravioleta, luz visível e também por ondas de baixa frequência – infravermelho (ver figura 8). A atmosfera é transparente a grande parte dessa radiação, especialmente à luz visível, de modo que a radiação solar alcança facilmente a superfície da Terra onde é absorvida. A superfície terrestre, por sua vez, “re-irradia” parte dessa energia. Mas como a temperatura da superfície terrestre é relativamente mais fria, ela “re-irradia” a energia em baixas frequências – principalmente nos comprimentos de onda mais longos do infravermelho.

Determinados gases atmosféricos (principalmente vapor d’água e dióxido de carbono) absorvem e “re-emitem” grande parte dessa radiação infravermelha (ondas longas) de volta para a Terra. Deste modo a radiação infravermelha, que realmente não escapa da atmosfera terrestre, ajuda a mantê-la aquecida. Esse processo é extremamente importante, pois sem ele a Terra seria gélida – cerca de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Nosso problema ambiental atual é que o excesso de dióxido de carbono e outros dos assim chamados “gases do efeito estufa” retêm energia a mais e tornam a Terra quente demais. Portanto, parte do efeito estufa pode ser precisamente o que a Terra necessita para prevenir uma próxima idade do gelo. Mas ainda não dispomos de informações suficientes a respeito para ter certeza. O efeito estufa atmosférico recebeu este nome a partir das estufas de vidro usadas pelos fazendeiros e floristas para “prender” a energia solar. O vidro é transparente às ondas da luz visível, mas opaco às radiações ultravioleta e infravermelha. O vidro atua como uma espécie de válvula unidirecional. Ele permite que a luz visível entre na estufa, mas impede os comprimentos de onda mais longos de deixá-la. Assim, os comprimentos de onda curtos da luz solar atravessam o telhado de vidro da estufa e são absorvidos pelo solo e pelas plantas em seu interior. O solo e as plantas, por sua vez, emitem ondas de infravermelho com comprimentos de onda longos. Essa energia não consegue atravessar o vidro e sair, o que aquece o interior da estufa. Curiosamente, nas

estufas de plantas, o calor é mantido principalmente pela habilidade do vidro de impedir que as correntes de convecção misturem o ar mais frio do exterior com o ar mais quente do interior.

Um mito comum é que o teto de vidro ou de plástico de uma estufa retém de algum modo a radiação térmica. Infelizmente, como a expressão *efeito estufa* é muitas vezes aplicada à retenção de radiação térmica pela atmosfera terrestre, esse tipo de retenção é associado erroneamente às estufas (WALKER, 2008).

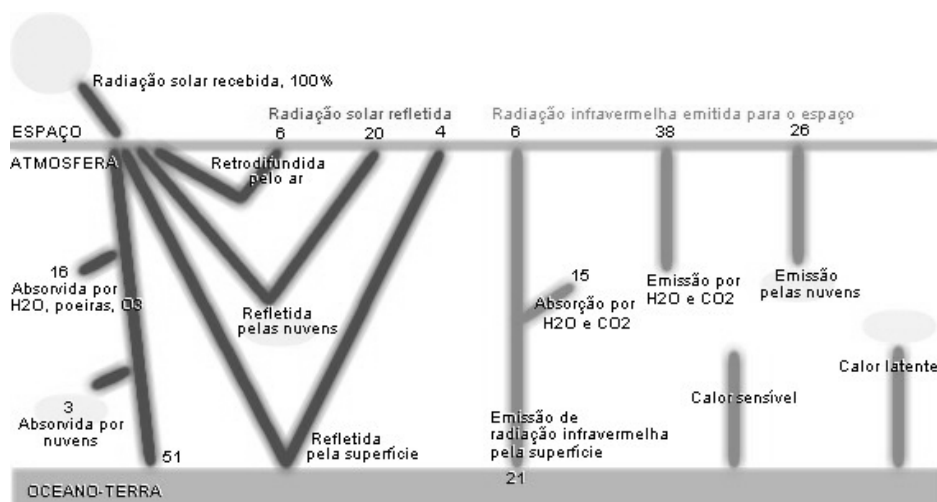


Figura 11: Diagrama esquemático do efeito estufa

(Fonte: <http://wwwp.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/angelina/index.htm>)

#### Texto 4: Espectros de emissão do Sol e da Terra

Se considerarmos o Sol e a Terra como corpos negros (um corpo que absorve toda a radiação eletromagnética incidente é chamado de corpo negro ideal) podemos utilizar a Lei do deslocamento de Wien que relaciona o comprimento de onda em que ocorre máxima emissão ( $\lambda_{\text{máx.}}$ ) com a temperatura absoluta do corpo. Esta relação mostra que todos os corpos que não estejam com uma temperatura em zero absoluto (escala kelvin) emitem radiação cuja frequência dominante é proporcional a esta temperatura:

**Lei do deslocamento de Wien:**  $\lambda_{\text{máx.}} = 2897 / T$ , onde  $\lambda_{\text{máx.}}$  em micrometros e T em kelvins.

No caso do Sol:

No caso do Sol, a temperatura média da superfície é da ordem de  $T \sim 5800 \text{ K}$ .

Utilizando a Lei de Wien, podemos obter o comprimento de onda de máxima emissão do Sol:

$$\lambda_{\text{máx.}} = 2897 / 5800$$

$$\lambda_{\text{máx.}} \sim 0,50 \mu\text{m} \text{ ou } 500 \text{ nm ( luz visível)}$$

O pico de emissão está próximo de 500 nm, ou seja, o Sol, devido a temperatura em sua superfície, emite radiação cujo pico se encontra na região visível do espectro eletromagnético, sendo que:

- 10% na faixa do Ultravioleta ( $\lambda < 400 \text{ nm}$ )
- 45% na faixa do Visível ( $400 < \lambda < 750 \text{ nm}$ )
- 45% na faixa do Infravermelho ( $\lambda > 750 \text{ nm}$ )

No caso da Terra:

No caso da Terra, devido ao aquecimento provocado principalmente pela incidência da radiação solar, a temperatura média varia em torno de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ou  $T \sim 288 \text{ K}$ .

Aplicando a fórmula de Wien podemos calcular o comprimento de onda de máxima emissão da Terra:

$$\lambda_{\text{máx.}} = 2897 / 288$$

$\lambda_{\text{máx.}} \sim 10 \mu\text{m}$  ou  $10.000 \text{ nm}$  (infravermelho)

Segundo a Lei de Wien, a Terra, devido a sua temperatura média de  $15^\circ\text{C}$  ou  $288 \text{ K}$ , emite radiação que tem um pico de emissão em um comprimento de onda da ordem de  $10.000 \text{ nm}$  ( $\lambda_{\text{máx.}} = 10.000 \text{ nm}$ ). Este comprimento de onda está na faixa do infravermelho.

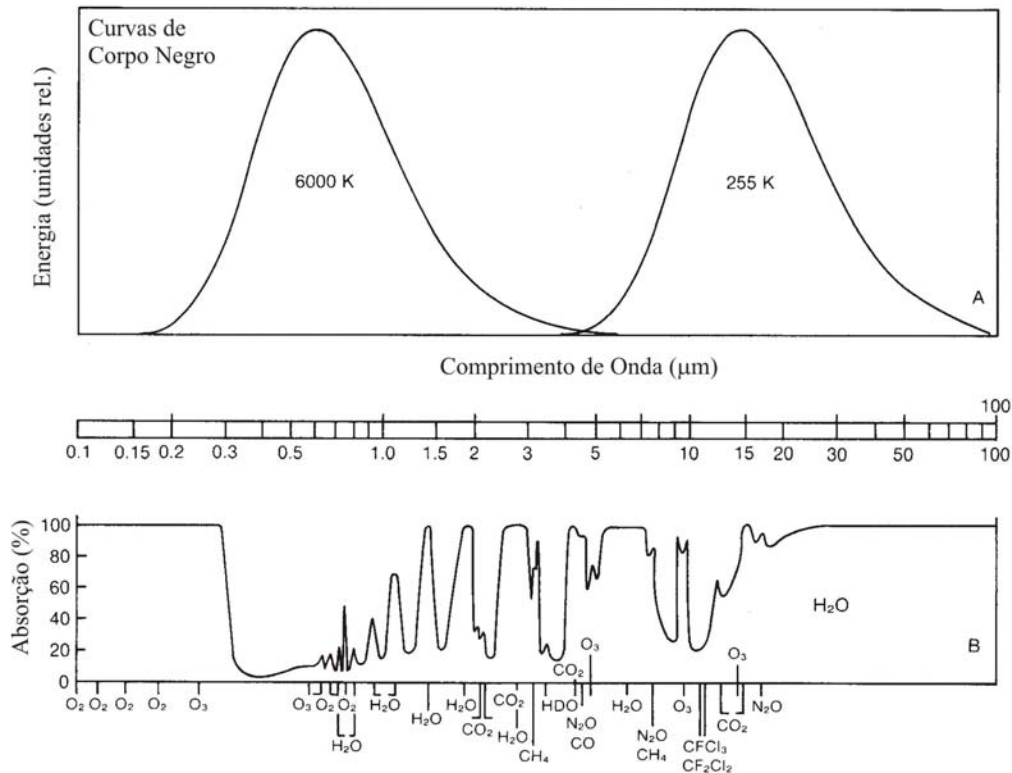


Figura12: (a) Distribuição espectral de corpos negros a  $6000\text{K}$  e  $255\text{K}$ , correspondentes às temperaturas de emissão do Sol e da Terra, respectivamente. (b) Porcentagem de absorção atmosférica para radiação passando do topo da atmosfera para a superfície.

(Fonte: MITCHELL, J. The greenhouse effect and climate change. Reviews of Geophysics, p. 117, fev.1989).

### Texto 5: Principais gases e fontes de emissão

A atmosfera terrestre é composta basicamente por dois gases, o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e o nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), que somados atingem cerca de 99% de seu volume total. Em segundo plano, com cerca de 0,9%, está o argônio (Ar). Os restantes 0,1% estão distribuídos dentre os demais gases, inclusive os causadores do efeito estufa, na forma de gases traço (pequeníssimas quantidades).

Esses gases, que ocorrem na atmosfera como traços, têm alto potencial de interação com outros elementos químicos e com radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa

poderiam ser classificados numa primeira aproximação como de origem natural e de origem antropogênica.

Durante o passado geológico desse planeta, diversas fontes naturais de gases do efeito estufa proporcionaram a manutenção das condições de temperatura na superfície terrestre. Entre estes encontram-se:

- Vapor d'água ( $H_2O$ )g – o mais importante dos gases naturais do efeito estufa;
- Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) – naturalmente adicionado à atmosfera através das explosões vulcânicas e por processos de respiração celular dos organismos vivos.

Os principais gases antropogênicos causadores do fenômeno do aquecimento global são os seguintes:

- Dióxido de carbono ( $CO_2$ );
- Metano ( $CH_4$ );
- Clorofluorcarbonos (CFC's);
- Óxido nitroso ( $N_2O$ ).

As principais fontes antropogênicas dos gases estufa são as atividades industriais, a produção e a utilização de energia e o desflorestamento associado às queimadas (como as atividades agropecuárias em geral).

A seguir, são apresentadas as principais fontes antropogênicas, de acordo com o tipo de gás emitido (OECD, 1991):

- Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) – extração, transformação, transporte e uso final de combustíveis fósseis. Desmatamento associado à queimada de áreas florestais.
- Metano ( $CH_4$ ) – produzido através de processos de decomposição anaeróbica ou por combustão incompleta nas mudanças do uso do solo (cultivo de arroz em áreas alagadas, queima de biomassa – florestal e resíduos agrícolas, inundação de áreas florestadas em reservatórios) e áreas naturais pantanosas; criação de animais ruminantes (dejetos e criação), utilização energética (produção, armazenagem, queima de carvão mineral, produção e transporte de gás natural).



- Clorofluorcarbonos (CFC's) – atividade industrial, gases refrigerantes (ar condicionado, refrigeradores) e aerossóis.

A contribuição das emissões de CO<sub>2</sub> para diferentes grupos de países durante o ano de 1995 pode ser observado no gráfico da figura abaixo:

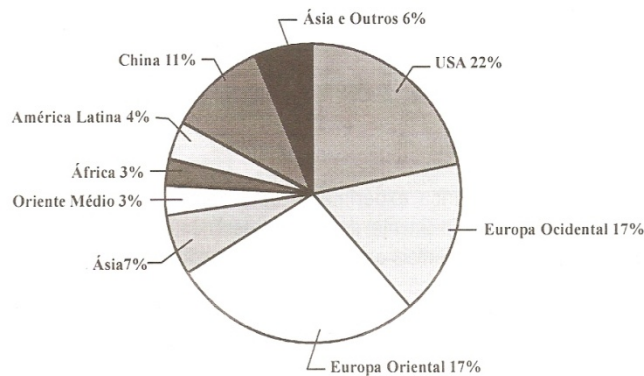


Figura13: Emissão de CO<sub>2</sub> pelos diferentes grupos de países.

Fonte: Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento (GOLDEMBERG e VILLANUEVA, 2003, p.92).

**Texto 6: Os fóruns internacionais de debates: A dimensão política das mudanças climáticas globais** (Texto adaptado de MENDONÇA, F. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 2, p. 71-86, 2006)

A partir da década de 1970, começaram a vir à tona, de forma mais intensa, as questões ambientais. Em 1972 a Organização das Nações Unidas (ONU), promoveu a I Conferência sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo na Suécia, cujo principal produto foi a Declaração de Estocolmo, posteriormente complementada pela Declaração de Cocoyoc (1974) que estabeleceu o conceito de ecodesenvolvimento, mais tarde transformado em desenvolvimento sustentável.

A segunda conferência mundial sobre o meio ambiente foi realizada no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro em 1992 (Eco-92). Nesta conferência, já se incluiu em sua denominação o termo desenvolvimento, sendo oficialmente denominada II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (II CNU-MAD), cujo principal objetivo foi o de obter, através de negociações, a redução na concentração de gases estufa na atmosfera terrestre limitando a interferência antropogênica nos sistemas climáticos.

A pauta da Eco-92 baseou-se em um princípio de proporcionalidade, ou seja, os países mais industrializados, por poluírem mais, tem maiores obrigações sobre a manutenção do meio ambiente, pois 20% da população mundial vivem em países industrializados que respondem por 80% da emissão dos gases estufa na atmosfera. No entanto, o governo dos Estados Unidos não aceitou esta proposta, pois, por serem os maiores emissores de gases estufas do planeta (33%), seriam os mais prejudicados economicamente. O governo americano propôs uma redução nas emissões igual para todos os países, independente do percentual de emissão. Essa proposta foi rejeitada e prevaleceu a ideia original.

Na primeira Conferência das Partes – COP 1, realizada em abril de 1995 na cidade de Berlim, foi dada continuidade às discussões iniciadas no Rio de Janeiro. Seu principal objetivo era finalizar as negociações para um acordo internacional, com metas bem definidas de emissão de gases estufa. Em 1996 a conferência foi realizada em Genebra (Suíça) e, em 1997, na cidade de Kyoto (Japão) na qual deliberou-se pelo Protocolo de Kyoto.

Nesta conferência os países mais industrializados, tais como: Estados Unidos, Rússia, Japão, Comunidade Européia, concordaram com a estabilização das emissões, porém afirmaram ser possível atingir o nível das emissões de 1990 somente entre os anos de 2010 e 2015. Além disso, comprometeram-se a atingir uma cota de emissão de 5,2% menor do que a de 1990. Em Kyoto, o mundo foi dividido em dois grupos: os chamados países industrializados e os países em níveis de industrialização intermediários e com expressiva liderança regional, dentre os quais está o Brasil. Inclusive a proposta de que os países industrializados investissem em projetos ligados ao meio ambiente em países não industrializados, em troca de um abono considerado como redução líquida de sua emissão, foi brasileira.

No ano de 2009, foi realizada na Dinamarca, a Conferência do Clima de Copenhague - COP 15, que reuniu representantes de 170 países entre 7 e 18 de dezembro de 2009. Contudo, os avanços em relação a Kyoto foram muito modestos, sem nem mesmo a formalização de um documento oficial de redução das taxas de emissão. Apesar da adesão de um grande número de países, a conferência ficou emperrada pelas burocracias e por questões econômicas. Contudo, há muito de positivo nos resultados obtidos nas duas últimas décadas. O principal deles talvez seja a conscientização da sociedade quanto aos danos causados ao meio ambiente. No entanto, a implementação de planos efetivos de redução das emissões dos gases estufa, ainda parece distante.

O Brasil tem se destacado na busca de alternativas energéticas limpas, não só pela grande capacidade de geração de energia elétrica da rede hidrográfica brasileira, mas também

pelo desenvolvimento de soluções alternativas, tais como: o programa pró-álcool, utilização de células fotoelétricas, utilização da biomassa e da energia eólica, entre outras. O Brasil tem uma participação nas emissões de gases estufa na ordem de 4%, provenientes principalmente do desmatamento, considerado como um valor baixo pela extensão territorial do país.

Os avanços no campo legal e a crescente utilização de energias limpas mostram que o Brasil tem desempenhado com responsabilidade seu papel perante os compromissos internacionais, embora muito ainda há de se fazer. Apesar de sua legislação ambiental ser de boa qualidade, o país ainda apresenta sérias deficiências no cuidado com o meio ambiente, como, por exemplo, as queimadas e a redução da área da floresta amazônica, problema que é agravado pela falta de fiscalização eficiente.

**Texto 7: Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima** (Retirado e adaptado de [www.ccst.inpe.br/Arquivos/ipcc\\_2007.pdf](http://www.ccst.inpe.br/Arquivos/ipcc_2007.pdf))

## **O IPCC**

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) é o órgão das Nações Unidas responsável por produzir informações científicas em três relatórios que são divulgados periodicamente desde 1988, quando foi criado. O IPCC é uma vasta rede de cientistas dedicados à avaliação do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e suas ligações com a sociedade humana. Centenas de cientistas participam, e todos os esforços são feitos para garantir objetividade, imparcialidade e excelência científica ao julgar as evidências. A cada cinco anos, o IPCC prepara um relatório para a liderança política global.

As atribuições do IPCC compreendem:

- i) avaliar as informações científicas e socioeconômicas disponíveis sobre as mudanças climáticas e seus impactos, assim como as opções para mitigar estas mudanças e a adaptação às mesmas.
- ii) proporcionar, a partir de solicitação, assessoramento científico, técnico e socioeconômico a órgãos internos sobre o tema da ONU.

O novo relatório divulgado em Valência (novembro de 2007) é considerado um marco ao afirmar, com 90% de certeza, que os homens são os responsáveis pelo aquecimento global.

Organizações não-governamentais que trabalham com questões ecológicas a par do relatório alertam para os eventos climáticos extremos como secas na Amazônia ou furacões em áreas tidas como fora de risco, como o Katrina que passou pelo sul do Brasil.

### **Levantamentos do IPCC**

-Os resultados do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) colocam como primordial a redução dos níveis de emissão dos gases provocadores de efeito estufa (GEEs) até 2050, mas grande parcela das ações mitigadoras devem ser feitas até 2030.

-Entre 1970 e 2004, houve um aumento de 80% das emissões de GEEs, especialmente do gás carbônico. O documento fixou que até 2050 as emissões devem ser reduzidas entre 50 a 85% a partir dos dados quantitativos de 2000. Segundo o IPCC, a concentração de gás carbono na atmosfera deve ficar entre 445 e 710 ppm (parte por milhão) para se manter o aquecimento da Terra em 2°C. Se a concentração ficar em 445 ppm, ainda assim será o dobro da quantidade pré-Revolução Industrial.

-Os custos desses esforços seriam de 3% do PIB mundial em 2030. Em 2006, o PIB foi calculado em US\$ 46,7 trilhões. Atualmente, essa percentagem corresponderia a US\$ 1,4 trilhão, mas é preciso considerar um possível crescimento do valor total de 0,12%.

-As medidas em prática hoje não são suficientes para surtirem efeitos no futuro. Com as atuais políticas de mitigação das mudanças climáticas e suas respectivas práticas de desenvolvimento sustentável, as emissões continuarão aumentando nas próximas décadas.

-A comunidade científica aponta a adoção de matrizes energéticas alternativas para atingir as metas propostas. Nesse campo estão tanto as energias eólica, solar e de biomassa, como a nuclear.

-A energia nuclear poderia dar conta de até 18% da fatia da geração de eletricidade, com ressalvas em relação às questões de segurança, proliferação de armas e lixo radioativo, ligadas a esse tipo de matriz.

-Novos investimentos de países em desenvolvimento e melhorias dos países desenvolvidos nos setores energéticos devem ter a preocupação de reduzir os GEEs, já que os impactos e a duração desses investimentos são para um futuro imediato. Até 2030, estima-se que sejam gastos US\$ 20 trilhões em infraestrutura para produção de energia.

-A difusão de tecnologias que produzem menos carbono pode levar décadas, mesmo se os investimentos iniciais nestas tecnologias sejam atrativos. Por isso, há uma ênfase do relatório em se dar atenção às tecnologias atuais disponíveis e àquelas que podem se tornar comerciais nas próximas décadas. Para a comunidade científica, o próprio uso, acesso e desenvolvimento dessas tecnologias podem no futuro encontrar soluções para seus problemas atuais.

-O estudo não apenas responsabiliza os governos pelas atitudes mitigadoras, mas também afirma que mudanças no modo de vida e no padrão de consumo da população devem colaborar para a redução de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

-As cidades devem ter melhor planejamento urbano, que inclua mecanismos eficientes de transportes. A eficiência não só reduz o uso de energia elétrica, mas também corta a necessidade de matéria-prima.

-Educação e programas de treinamento ajudam o mercado a aceitar a eficiência energética.

## **Brasil**

- O país é o quarto maior de emissor de GEEs do mundo (sem considerar a União Européia). Mais de dois terços da sua taxa de gases emitidos (62%) são provenientes do desmatamento das florestas tropicais. No estudo do IPCC, pela primeira vez a conservação da cobertura vegetal original e o combate ao desmatamento foram mencionados como ações mitigadoras para o aquecimento global. No mundo todo, o aumento das emissões na área florestal aumentou 40% entre 1970 e 2004.

- Cerca de 65% do total de potencial de mitigação está localizado na região dos trópicos. A metade das metas de redução pode ser atingida evitando a devastação florestal.

- A proteção às florestas pode trazer outros benefícios como criação de emprego, aumento de renda, conservação de biodiversidade e mananciais, além de contribuir com a produção de energia renovável e diminuição da pobreza.

### **Análise do IPCC sobre o efeito estufa antropogênico:**

É *muito provável* que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. Essa afirmação representa um avanço em relação ao Terceiro Relatório de Avaliação (TRA), que concluiu que “*é provável* que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos se deva ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa”. Influências humanas discerníveis se estendem, agora, a outros aspectos do clima, inclusive o aquecimento do oceano, temperaturas médias continentais, extremos de temperatura e padrões do vento (ver figura 14).

## Mudança na Temperatura Global e Continental

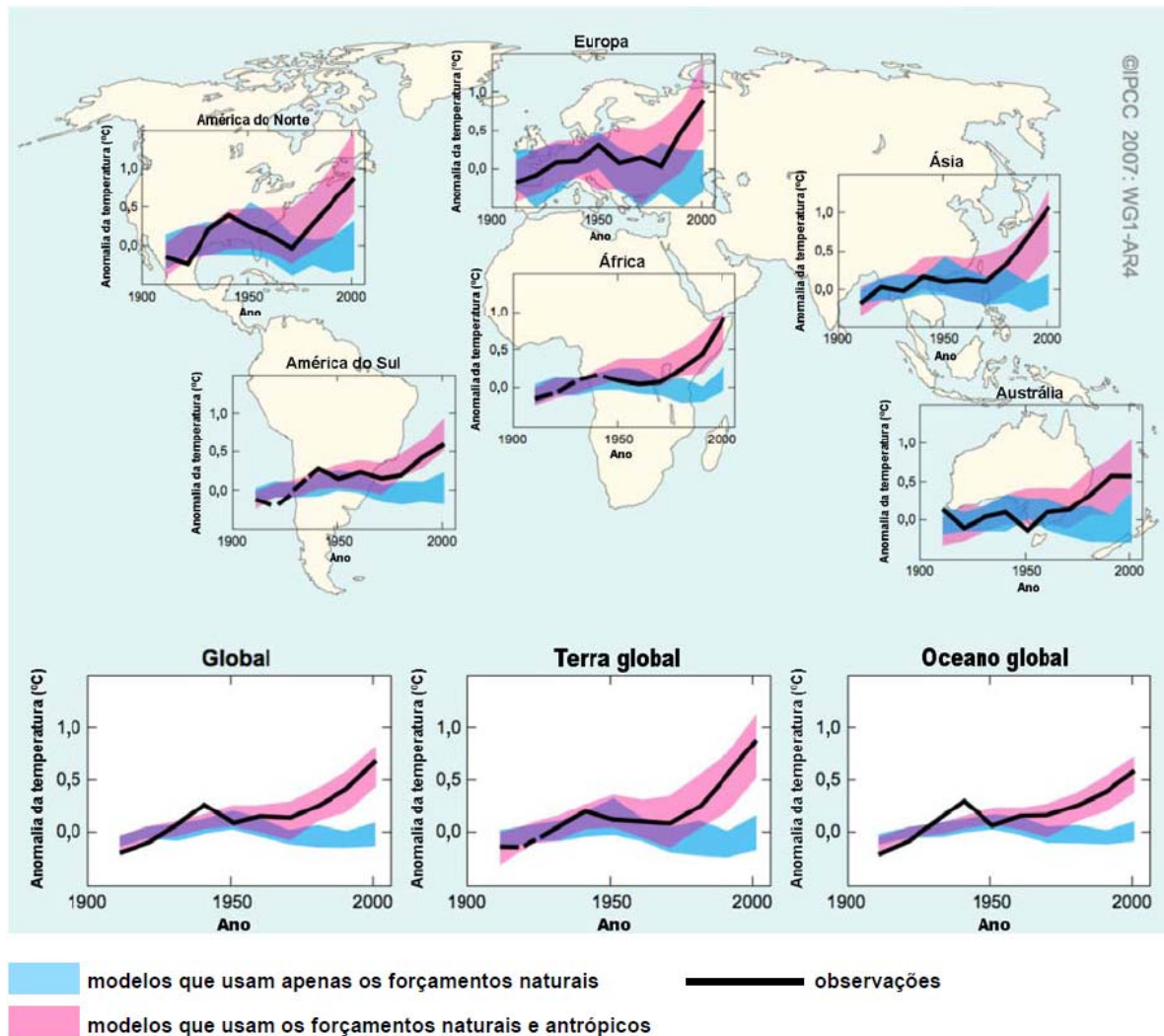


Figura 14: Comparação das mudanças observadas de escalas continental – e global – na temperatura da superfície com resultados simulados por modelos climáticos, usando-se forçamentos naturais e antrópicos. As médias decenais das observações são apresentadas para o período de 1906 a 2005 (linha preta) plotadas sobre o centro da década e relativas à média correspondente para 1901-1950. As linhas são tracejadas quando a cobertura espacial é inferior a 50%. As zonas azuis indicam a faixa de 5 a 95% para as 19 simulações dos cinco modelos climáticos com o uso apenas dos forçamentos naturais devidos à atividade solar e aos vulcões. As zonas vermelhas mostram a faixa de 5 a 95% para as 58 simulações dos 14 modelos climáticos com o uso dos forçamentos natural e antrópico. (Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima, pag.17, 2007).

## Capítulo 4

### Aplicando o material

Vale destacar que, embora não tenha sido aplicado integralmente, o projeto começou a ser desenvolvido em uma escola da rede privada da zona sul do município do Rio de Janeiro, com alunos de classe média, na faixa etária entre 14 e 16 anos da primeira série do ensino médio, em turmas com 25 alunos cada. Nessa instituição de ensino, os conteúdos de Física Térmica são apresentados na primeira série do ensino médio e os conteúdos de Mecânica na segunda série.

Como resultados preliminares, podemos citar que houve grande aceitação por parte dos alunos no desenvolvimento das atividades do jogo interativo (Unidade 1 do material do aluno). Essa atividade lúdica, que teve duração de dois tempos de aula de cinquenta minutos, foi proposta após o término dos processos de condução e convecção térmicos, e teve por objetivo introduzir, através de um problema social, o conceito de radiação térmica, terminando, assim, os processos de propagação do calor. Nessa atividade, os alunos, divididos em grupos de cinco participantes, deveriam elaborar perguntas relacionadas ao aquecimento global para os outros grupos, a partir dos textos 1 (aquecimento global estimula guerras na África, diz estudo) e do texto 2 (Crise reduz emissão de gás-estufa). Ao final da atividade, o grupo que tivesse respondido o maior número de perguntas corretamente, seria o grupo vencedor do jogo. Inicialmente, alguns grupos apresentaram dificuldades na elaboração das perguntas, uma vez que as suas respostas estavam diretamente retiradas dos textos disponíveis para os grupos e não dependiam de um raciocínio mais elaborado de correlação dos dois textos. Após o auxílio do professor a esses grupos, a atividade transcorreu com grande empenho, tanto na leitura, quanto na formulação das perguntas por parte dos alunos.

Introduzimos em seguida a parte inicial da Unidade 2, que retoma a Unidade 1, buscando construir o conceito físico de radiação térmica, através de perguntas. Nessa etapa do trabalho foram utilizados dois tempos de aula de cinquenta minutos. Alguns grupos surpreenderam positivamente pelo grau de elaboração de suas respostas, em relação à chegada da energia solar ao planeta Terra. Posteriormente, outros grupos, com o auxílio do professor, conseguiram chegar à resposta dos problemas propostos.

Podemos citar ainda o grande envolvimento dos alunos no desenvolvimento da Unidade 5 (atividade experimental), que gerou como produtos um relatório e a produção de um vídeo produzido pelos próprios alunos. Essa atividade foi proposta para casa e teve um



prazo de dez dias para ser entregue ao professor. Durante o vídeo, os alunos apresentam as etapas da montagem do experimento, relatando já alguns resultados que foram melhor explicitados no relatório elaborados por eles em papel.

Um resultado interessante foi o alcance maior das atividades. A aplicação do material atingiu um público alvo que, normalmente em um modelo de aula expositiva, não demonstra interesse satisfatório pela disciplina. Esses alunos tiveram destaque nessa atividade, apresentando maior interesse e participação nas tarefas propostas. Isso equivale a dizer que o material promoveu uma inclusão de alunos, ou seja, tornou mais atrativa a aula e, com isso, conseguiu despertar o interesse de um quantitativo maior de alunos, além daqueles que gostam da matéria e são considerados “bons” alunos. Convém lembrar que esse objetivo não tinha sido enumerado inicialmente, configurando-se como uma grata surpresa.

Por fim, um último resultado foi o desenvolvimento e aperfeiçoamento de outras habilidades, tais como: leitura de diferentes tipos de textos; construção de gráficos; montagem do experimento e não somente a competência matemática de solução de problemas numéricos. Embora saibamos que tais habilidades demandam tempo para serem plenamente desenvolvidas, conseguimos despertar no aluno a atenção para esses outros aspectos constitutivos da aula de Física.

Ressaltamos que o material não foi aplicado integralmente uma vez que ainda estava em processo de confecção.

## Capítulo 5

### Considerações finais

Nessa pesquisa, procuramos apresentar formas didáticas mais eficazes para o ensino e tratamento do fenômeno efeito estufa no ensino médio. Baseados em autores que se dedicam sobre questões acerca do ensino de Física e nos documentos oficiais divulgados pelo MEC, mostramos algumas sugestões de atividades que valorizam o desenvolvimento de um raciocínio científico, essenciais para disciplinas que, como a Física, estudam fenômenos naturais e procuram explicá-los. Além disso, tais atividades valorizam o desenvolvimento de habilidades necessárias para a formação de cidadãos críticos e conscientes sobre os problemas e questões ambientais, tão em voga atualmente, do mundo em que vivem, objetivo este primordial em um ensino de qualidade e bastante apregoado nas propostas oficiais de modelos educacionais.

Não podemos e não pretendemos, contudo, indicar categoricamente caminhos conclusivos, uma vez que cada situação de ensino é singular e, nesse sentido, pode necessitar de adaptações e sugestões novas. É importante frisar que todo modelo didático pode e deve ser adaptado a cada realidade educacional. Dessa forma, buscamos, com essa pesquisa, oferecer um material de apoio a professores e estudantes, que possa servir de base à produção de outros materiais instrucionais com o enfoque CTS. A metodologia utilizada em nosso trabalho, baseada em atividades investigativas, está pautada na ação do aluno. O discente não deve ter a sua atividade atrelada somente à observação e à manipulação de dados. É importante para o aluno perceber que as soluções contêm as características de um trabalho científico, como discussão, reflexão e explicação dos fatos e fenômenos estudados. Para tanto, deve haver uma mudança na postura do aprendiz. Dessa forma, seu papel nas aulas vai além de ser apenas um observador e passa a ter grande influência sobre ela, precisando interferir, argumentar, questionar, para construir o seu conhecimento. Convém ressaltar que, para que essa mudança ocorra, o professor deve auxiliar a construção do conhecimento dos alunos, com a elaboração de boas perguntas e na proposição de atividades que estimulem a curiosidade dos estudantes. O professor deixa de ser um expositor dos conteúdos e passa a ser uma espécie de tutor para os alunos. Entendemos que, dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem se torne mais produtivo.

Os resultados da aplicação de nosso produto educacional em sala de aula são promissores e devem ser verificados posteriormente em aplicações futuras, tanto pelos autores

desse trabalho, quanto por outros professores que se interessarem por nosso material. Entendemos que, dessa forma, poderemos contribuir com a melhoria do Ensino de Física no Brasil, com o desenvolvimento da pesquisa nessa área.

## Referências Bibliográficas

AIKENHEAD, G. S; Consequences to learning science through STS: a research perspective. In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. STS education: International perspectives on reform. New York: Teachers College Press, p. 169-186, (1994b).

AIKENHEAD, G.S.; What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. STS education: international perspectives on reforme. New York: Teachers College Press, p.47-59, 1994.

AZEVEDO, M.C.P.S., Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P. (org.) Ensino de Ciências. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El Trabajo práctico en la enseñanza de las Ciencias: una revisión. Enseñanza de Lãs Ciências, Barcelona, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.

BERNARDO, J. R. R. *A construção de estratégias para abordagem do tema energia a luz do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) junto a professores de Física do Ensino Médio.* Tese de doutorado em Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, 2008.

BESSON, U.; AMBROSIS, A. De; MASCHERELLI, P. Studying the physical basis of global warming: thermal effects of the interaction between radiation and matter and greenhouse effect. European Journal of Physics, v.31, p.375-388, 2010.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9.394/96). Coleção Legislação Brasileira, 6ª edição, Rio de Janeiro: Editora DP&A, 2003.

BRASIL. PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. PCNEM: parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC, 2000.

BISCUOLA, G.J., VILLAS BÔAS, N. e DOCA, R.H. Tópicos de Física (3 volumes), 18ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2001.

CAPPECHI, M.C.V.M.; CARVALHO, A.M.P. Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. Revista Pro-Posições, Faculdade de Educação da Unicamp, v.17, n.1 (49), p. 137-153, jan./abr. 2006.

CARVALHO, A.M.P.; SANTOS, E.I.S.; AZEVEDO, M.C.P.S.; DATE, M.P.S; FUJII, S.R.S.; NASCIMENTO, V.B.; Termodinâmica: um ensino por investigação. USP - Faculdade de Educação, 1999.

CARRON, W. e GUIMARÃES, O. As Faces da Física (volume único), 2ªed., São Paulo: Ed. Moderna, 2002.

COLINVAUX, D.; BARROS, S. S. O papel da modelagem no laboratório didático de Física: o que há para se aprender? In: VIII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2002. Águas de Lindóia. Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, V.1, 2002. (versão eletrônica em CD-ROM).

FILHO, A.G. e TOSCANO, C. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo:Ed. Scipione, 2005.

FIROR, J. W. Resource Letter GW-1: Global Warming. American Journal of Physics, v.62, n.6, 1994.

FONTES, A. e CARDOSO, A. Formação de professores de acordo com a abordagem ciência/tecnologia/sociedade. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.5 n.1, 2006.

GASPAR, A. Física (volume único), 1ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 2005.

GAYFORD, C.; DILLON, J. SCOTT, W. Controversial environmental issues: a case study for the professional development of science teachers. International Journal of Science Education. London, v.24, p.1191-1200, 2002.

GIL, D.; CASTRO, P. La Orientación De Las Prácticas de Laboratorio com Investigación: Um Ejemplo Ilustrativo. Enseñanza De Las Ciências, v.14, n.2, 155-163, 1996.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L.D. 2003:92. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo, EDUSP, p.227, 2003.

GRAF. Física 1 – Mecânica, Física 2 – Física Térmica e Óptica e Física 3 – Eletromagnetismo, 4ª ed., São Paulo: EDUSP, 1998.

GUIMARÃES, L.A. e FONTE BOA. Física (3 volumes), Niterói-RJ: Ed.Galera Hiperídia, 2006.

HEWITT, P. G.; Física conceitual. 9ª edição. Porto Alegre: Bookman, , 2002.

HOBSON, A., Physics: Concepts and Connections; 2nd ed., 1998.

Infrared man whole body. Disponível em <[http://www.youtube.com/watch?v=Ou2\\_tPONF0Y](http://www.youtube.com/watch?v=Ou2_tPONF0Y)>. Acesso em 10/11/2009.

JONES, M.D.H.; HENDERSON-SELLERS, A. History of the greenhouse effect. Gobar Warming, Selected Reprints – Edited by John W. Firor. American Association Of Physics Teachers, 1995.

LOBATO, A. C.; SILVA, C. N.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L.; QUADROS, A. L.; Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de Ensino Médio: É simples entender esse fenômeno? Ensaio, v.11, n. 1, junho 2009.

KOULALIDIS, V.; CHRISTIDOU, V. Models of Students' Thinking Concerning the Greenhouse Effect and Teaching Implications. Science Education, v.83, n.5, 1999.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. – Física volume único. Ed. Scipione, 2008.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. Física: Ensino Médio (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Scipione, 2005.

MENDONÇA, F.; Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região Sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 2, p. 71-86, 2006.

MITCHELL, J. The greenhouse effect and climate change. Reviews of Geophysics, p. 117, fev.1989.

MOREIRA, M. A. Uma abordagem Cognitivista ao Ensino de Física. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.

MORTIMER, E.F.; SANTOS, W.L.P.S.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C – T – S (Ciência Tecnologia – Sociedade). No contexto da educação brasileira. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, volume 2, n.2, dezembro de 2002.

MUJICA, V. M.; MEDEROS, M. J. A. A. Alguns métodos activos para El uso Del vídeo em La enseñanza de La Física. Investigações em ensino de ciências, Porto Alegre, v. 1, n.3, p. 233-240, 1996.

Night vision: câmera de visão noturna. Disponível em <[http://www.youtube.com/watch?v=MO4-wa\\_e1Wg](http://www.youtube.com/watch?v=MO4-wa_e1Wg)>. Acesso em 10/09/2009.

PARANÁ, D.N.S. Física (3 volumes), 6ª ed., São Paulo: Ed. Ática, 1998.

PENHA, S. P.; A Física e a sociedade na TV. Dissertação de mestrado do programa de pós – graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, 2006.

PENTEADO, P.C.M. e TORRES, C.M.A. Física - Ciência e Tecnologia (3 volumes), 1ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2005.

PEREIRA, M. V. Da construção ao uso em sala de aula de um vídeo didático de física térmica. CIÊNCIA EM TELA, v.1, n.2, 2008.

Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima. Disponível em [www.ccst.inpe.br/Arquivos/ipcc\\_2007.pdf](http://www.ccst.inpe.br/Arquivos/ipcc_2007.pdf). Acesso em 05/09/2009.

RAMALHO JÚNIOR, F., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Os Fundamentos da Física (3 volumes), 9ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 2007.

RAMOS, E. M. F.; FERREIRA, N. C.; Brinquedos e jogos no ensino médio. Pesquisa em Ensino de Física. Roberto Nardi (org.). Escrituras Editora, S.P, 1998.

SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Física: Ensino Médio Atual (volume único), 2ª ed., São Paulo: Ed. Atual, 2005.

SAMPAIO, J.L. e CALÇADA, C.S. Universo da Física (3 volumes), 2ª ed., São Paulo: Ed. Atual, 2005.

SANTOS, A.G.; BARROS, F.S. Abordagem do aquecimento global em livros didáticos de Física do ensino médio. XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia, 2010.

SHIGEKIYO, C.T., YAMAMUTO, K. e FUKU, L.F. Os Alicerces da Física (3 volumes), 14ª ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2007.

SILVA, E. T.; A produção da Leitura na escola: pesquisa x propostas. Editora Ática, São Paulo, pág.24, 1995.

SILVA, L. F. e CARVALHO, L.M.; A temática ambiental e o processo educativo: O ensino de física a partir de temas controversos. Ciência e Ensino, vol.1, número especial, 2007.

SOLOMON, J.; Teaching science, technology and society. Buckingham: Open University Press, 1993b.

SOLOMON, J.; Methods of teaching STS. In: McCORMICK, R., MURPHY, P., HARRISON, M. (Eds.). Teaching and learning technology. Workingham: Addison-Wesley Publishing Company & The Open University, p. 243-250, 1993a.

TORRES, C.M.A., PENTEADO, P.C.M., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. Física: Ciência e Tecnologia (volume único), São Paulo: Ed. Moderna, 2001.

VIANNA, C. J.; ALVARENGA, K. B. O uso das mídias no ensino de Física sob a perspectiva de artigos em revistas especializadas. ANAIS DO II SEMINÁRIO EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO, INCLUSÃO E INTERCULTURALIDADE. DE 12 A 14 DE AGOSTO DE 2009.

VIEIRA, K. R.C.F; BAZZO, W. A.; Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. Ciência e Ensino, v.1, número especial, 2007.

WALKER, J. O circo voador da Física. Editora LTC, 2ª edição, 2008.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S.; A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. Instituto de Física da USP. Cad. Bras. Ens. Fís., v.21, n.3: p.325-249, dez 2004.

XAVIER, M. E. R.; Abordagem das Mudanças Climáticas Globais no curso de Física para o Ensino Médio. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências da USP, 2007.

ZANETIC, J.; Física e literatura: uma possível integração no ensino. EPEF, Sociedade Brasileira de Física. Águas de Lindóia, S.P., 02 a 05 de Setembro de 1996.