

# Transposição didática como reforço de obstáculos epistemológicos em livro texto e em experimentos didáticos

Evelyn Jeniffer de Lima Toledo e Luiz Henrique Ferreira

Departamento de Química. Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. São Paulo, Brasil. Emails: [jeniffer.toledo@gmail.com](mailto:jeniffer.toledo@gmail.com), [ferreiraufscar@gmail.com](mailto:ferreiraufscar@gmail.com)

**Resumo:** A teoria do efeito estufa vem ganhando destaque nas últimas décadas, mas, apesar de uma maior quantidade de informação disponível e constante presença em diversos meios de comunicação foi observada, neste estudo, uma reprodução periódica dos erros conceituais. Os erros relatados aqui foram reproduzidos em nível teórico em livros do ensino médio aprovados pelo MEC, livros de ensino superior e em nível experimental em periódicos e sites (do governo, universidades, e outros de divulgação científica). Uma possibilidade para este tipo de erro é a analogia do Efeito Estufa com uma Estufa, resultando no que G. Bachelard chama de obstáculo epistemológico, neste caso, resultado da transferência da imagem concreta para a teoria abstrata.

**Palavras-chave:** livros, efeito estufa, experimentos, analogia, transposição didática, obstáculo epistemológico.

**Title:** Didactic transposition as reinforcement of epistemological obstacles in textbook and educational experiments.

**Abstract:** The theory of greenhouse effect has been gaining attention in the last decades, but despite greater amount of information available and constant presence in various media was observed, in this study, a periodic reproduction of conceptual errors: The errors reported here were reproduced the theoretical level in books in high school approved by the MEC, books of higher education and the experimental level on sites (government, universities, and other scientific dissemination) and science journals. One possibility for such errors is the analogy of effect greenhouse with the greenhouse resulting in G. Bachelard called epistemological obstacle, in this case, result of the transfer of the concrete to the abstract theory image.

**Keywords:** books, greenhouse, experiments, analogy, didactic transposition, epistemological obstacle.

## Introdução

Segundo o físico francês Joseph Fourier, a temperatura média da Terra advém da soma de três fatores: (1) radiação solar, (2) radiação das outras estrelas e (3) o calor no interior da Terra. Porém em 1827, ao calculá-la foi obtido um valor muito abaixo dos resultados experimentais, uma divergência de 33 °C e essa discrepância foi atribuída a existência da atmosfera que estaria dificultando a saída do calor radiante, hoje denominado radiação infravermelha (I.V.) (Fourier, 1827). Contudo, foi

John Tyndall, medindo a capacidade de absorção da radiação I.V. de alguns gases atmosféricos, quem concluiu que o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, e principalmente o vapor de água eram capazes de absorvê-la e, portanto estes deveriam inibir seu escape (Tyndall, 1861; Tyndall, 1863).

Para compreender a Teoria de Fourier é preciso levar em consideração que dos três fatores o Sol é o mais impactante e que a intensidade de radiação (I) deste, assim como de qualquer corpo emissor, pode ser expressa através da lei de Stefan-Boltzmann (Resnick, Walker, 1995).

$$I = \epsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

Onde:  $\sigma$  ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ) é a constante de Stefan-Boltzmann, T a temperatura do corpo e  $\epsilon$  a emissividade, sendo 1 para um emissor perfeito e  $\epsilon < 1$  para outros corpos.

A taxa com que a energia solar alcança a superfície da Terra por unidade de área foi medida em aproximadamente  $1360 \text{ W.m}^{-2}$  e é denominada constante solar (S). Sabe-se das leis da Termodinâmica que a energia não pode ser criada nem destruída, então, se a radiação que adentra a atmosfera fosse toda absorvida pelo planeta e este não irradiasse nada para o exterior, a Terra se tornaria cada dia mais quente. Logo, acreditava-se que todo o calor absorvido seria emitido de volta para o espaço mantendo uma temperatura média aproximadamente constante.

Portanto, para calcular essa temperatura média foram feitas as seguintes considerações:

1) Nem toda luz emitida pelo sol é direcionada para a Terra e deste modo deve-se levar em consideração a área de projeção bidimensional da superfície: como esta é um círculo, a área equivale a  $\Pi(R_T)^2$ , sendo  $R_T$  o raio da Terra. Consequentemente é direcionado à Terra =  $\Pi(R_T)^2 S$ .

2) Nem toda energia direcionada à Terra consegue chegar a superfície, parte é refletida. A refletividade é denominada albedo e é dada em termos percentuais, sendo seu valor experimental aproximadamente 30%. Portanto adentra a atmosfera 70 % da constante solar direcionada para a Terra:

$$0,7 \Pi(R_T)^2 S \quad (2)$$

3) A potencia irradiada pela Terra equivale a lei de Stefan-Boltzmann, considerando que a Terra seja um emissor perfeito, multiplicada pela área da superfície terrestre ( $4 \Pi(R_T)^2$ ):

$$4 \Pi(R_T)^2 \sigma (T_T)^4 \quad (3)$$

Igualando a energia que consegue penetrar na atmosfera da Terra (Equação 2) com a potência irradiada pela mesma (Equação 3):

$$0,7 \Pi(R_T)^2 S = 4 \Pi(R_T)^2 \sigma (T_T)^4 \quad (4)$$

Obtém-se uma temperatura média ( $T_T$ ):

$$T_T (0,7S/4\sigma)^{1/4} = 255 \text{ K} \quad (5)$$

Assim, a temperatura calculada é de  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$  (255 K) e como a temperatura média global experimental da superfície terrestre é de aproximadamente  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , Fourier (1827) concluiu que nem toda a radiação recebida do Sol estaria deixando a atmosfera e que, de alguma forma, ela

estaria sendo interceptada tendo seu escape para o espaço dificultado. Deste modo, Tyndall (1861,1863) correlacionou essa barreira à presença de gases, hoje denominados estufas.

#### *Teoria do efeito estufa*

A teoria que considera os Gases Estufa os responsáveis pela manutenção da temperatura média global é intitulada Efeito Estufa. Nessa teoria, como a distância entre o Sol e a superfície da Terra é relativamente grande, a energia irradiada pelo Sol pode se deparar com várias partículas, ou mesmo átomos e moléculas e ser absorvida, refletida ou transmitida. Sabe-se que de todos os comprimentos de onda que o Sol emite chega à atmosfera praticamente luz ultravioleta (U.V.) e ultravioleta visível (U.V.-vis) que ao ser absorvida pela superfície pode ser emitida na forma de infravermelho. O I.V. emitido segue em todas as direções podendo ser absorvido por moléculas que tenham um momento de dipolo permanente ou induzido diferente de zero. Quando moléculas absorvem esse tipo de radiação, elas têm seus movimentos internos alterados gerando um aumento na energia cinética e assim promovendo o aquecimento da atmosfera (Tolentino e Rocha-Filho, 1998).

Em 1896, Svante Arrhenius foi o primeiro a fazer uma correlação quantitativa entre a concentração de CO<sub>2</sub> e o clima, além de atribuir a origem desse gás, principalmente, à fontes naturais como por exemplo, vulcões. Através de cálculos Arrhenius demonstrou que a temperatura na região do ártico aumentaria entre 8 e 9 °C se o CO<sub>2</sub> aumentasse entre 2,5 e 3 vezes sua concentração na atmosfera (Arrhenius, 1986).

Confirmando a previsão de Arrhenius, em 1938 Guy Stewart Callendar, ao analisar uma série de temperaturas em mais de 200 estações meteorológicas espalhadas pelo mundo, afirmou que estava havendo um aumento na temperatura média global e que este era resultado das emissões de CO<sub>2</sub> pela combustão de combustíveis fósseis (Callendar, 1938). Esses resultados foram corroborados por Gilbert Plass (1956) através de cálculos teóricos sobre a absorção de infravermelho pelo CO<sub>2</sub> em vários níveis da atmosfera. Plass (1956) estimou que as emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> ocasionariam uma elevação da temperatura média de 1,1 °C por século se nenhum outro fator fosse modificado e que a temperatura da superfície deveria aumentar 3,6 °C se a concentração do CO<sub>2</sub> dobrasse, ou diminuir em 3,8 °C se a concentração se reduzisse a metade.

Apesar dos dados sobre o aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> a origem deste ainda era especulativa, pois mesmo vivenciando uma era industrial havia a suspeita de que as emissões poderiam estar sendo dissolvidas nos oceanos e, neste caso, a contribuição antrópica seria ínfima. Para iluminar a questão, Roger Revelle e Hans Suess realizaram datações de carbono 14 e analisando seus resultados concluíram que o CO<sub>2</sub> emitido não estava sendo totalmente dissolvido, portanto deveria ser atribuída ao homem uma importante responsabilidade (Revelle e Suess, 1957).

A escassez de dados, a dispersão dos cientistas que estudavam este fenômeno, as preocupações sobre o aumento da concentração dos gases estufas e da temperatura média global somadas as ondas de calor e secas em varias partes do mundo, principalmente nos Estados Unidos, tornaram a

teoria do aquecimento global uma pauta frequente nos meios de comunicação, fazendo com que surgissem movimentos ambientalistas o que culminou, em 1988, na criação do Painel Intergovernamental para Alterações Climáticas (IPCC) (Santos, 2007). O IPCC é formado por um grupo de pesquisadores que analisam e compilam artigos científicos divulgando os principais resultados. Seu primeiro relatório foi publicado em 1990, mas foi a partir do segundo, em 1995, que atribuiu o aumento da temperatura média global ao CO<sub>2</sub> de origem antrópica, discurso que foi reafirmado de forma mais enfática nos relatórios seguintes: 2001, 2007 e 2013 (IPCC) e reiterado na literatura internacional por uma significativa parcela da comunidade acadêmica (Oreskes, 2004).

Porém, não é totalmente consensual que a variação da temperatura global tenha origem antrópica. Cientistas contrários ao IPCC e filiados ao NIPCC (Nongovernmental International Panel on Climate Change), criado em 2007, produziram 4 relatórios (2008, 2009, 2011, 2013) nos quais concluem que as variações climáticas são resultados de explosões solares, radiação cósmica e variações no albedo planetário sendo o efeito humano pequeno em relação a variabilidade natural (NIPCC, 2008, 2009, 2011, 2013).

Apesar das evidências de que a concentração de CO<sub>2</sub> está aumentando assim como a temperatura média global, não é possível afirmar categoricamente uma correlação direta, pois a atmosfera se comporta como um sistema caótico, inclusive foi através da tentativa de modelar fenômenos meteorológicos que Edward Lorenz, na década de 1960, deu origem a teoria que ficou conhecida como “efeito borboleta”. Lorenz percebeu que ao mudar dados numéricos iniciais na quarta casa decimal obtinha resultados completamente diferentes após alguns meses sob as operações aritméticas, ou seja, uma pequena variação dos dados iniciais era amplificada de forma a produzir valores muito distintos (Santos, 2007).

Esse conflito entre vertentes faz parte da natureza da ciência. A comunidade científica passa por períodos em que predomina um consenso sobre determinada teoria e por momentos em que não há concordância. Enquanto uma teoria for útil ela não será abandonada, mas quando o modelo acumula fracassos os cientistas são obrigados a reconhecer que as coisas são diferentes do que supunham. Nesse período começam a ocorrer as grandes revoluções na ciência. As crises e revoluções existem, pois não há como confirmar a veracidade de uma teoria, mas apenas testá-la, verificando sua qualidade (Kuhn, 1998).

Essas questões referentes à natureza da ciência são consensualmente importantes nos processos de ensino e aprendizagem mesmo na educação básica, inclusive na forma de orientação através dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

A consciência de que o conhecimento científico é assim dinâmico e mutável ajudará o estudante e o professor a terem a necessária visão crítica da ciência. Não se pode simplesmente aceitar a ciência como pronta e acabada e os conceitos atualmente aceitos pelos cientistas e ensinados nas escolas como “verdade absoluta” (Brasil, 2000, p.31).

Assim, é aconselhável que os alunos desenvolvam o senso de que as teorias não são criadas do dia para a noite, assim como não são expressão da verdade, mas um processo longo de elaboração de modelos que serão úteis em determinadas situações (Praia e Cachapuz, 2002). Entender o processo de elaboração de hipótese e a busca por evidências é recomendável nos processos de ensino e de aprendizagem. O livro didático é o recurso mais utilizado nesse processo tanto para o professor que seleciona, prepara e desenvolve o conteúdo quanto para o aluno que revisa a matéria (Schnetzler, 1981).

Enquanto os livros adotados nas universidades em cursos de graduação e pós-graduação não são avaliados por uma banca de especialistas, os livros de química que chegam ao ensino médio, desde 2008, são analisados em relação à qualidade de seus conteúdos. Porém, apesar da rigorosa seleção, ainda há problemas sendo continuamente detectados pela comunidade científica (Toledo e Ferreira, 2013; Lobato et al., 2009).

Além dos livros fornecidos pelo governo, professores e alunos podem se aprofundar em conteúdos específicos através da internet, porém esta não é submetida a uma avaliação sistemática. Então cabe ao usuário fazer uso de sua criticidade para escolher suas fontes. É de se esperar que os sites do governo, universidades e revistas de divulgação científica sejam confiáveis, mas nem sempre isso é um fato. Por isso, é importante que o sujeito aprenda a olhar não apenas o autor da informação, mas também o conteúdo da mesma, uma vez que a ciência é construída com teorias e não com nomes. O ensino de ciência deve ensinar a pensar, refletir, criticar e não a propagar a fé na palavra do mestre como se fosse um dogma.

A transformação do conhecimento científico visando o ensino é intitulada Transposição didática. Esta denominação, apesar de ser cunhada por Michel Varret em 1975, é redefinida e difundida por Yves Chevallard 10 anos depois. Segundo Yves Chevallard o conhecimento científico, por ele chamado de saber sábio, ao ser definido como um conteúdo escolarizável passa por um processo de transposição tendo sua linguagem e símbolos adaptados de acordo com o público alvo se transformado em saber a ser ensinado, e então passa a estar presente nos currículos, livros e materiais didáticos além de sites na internet. Esse saber a ser ensinado é então submetido a uma nova transformação pelo professor, que adequa o conteúdo de acordo com sua sala de aula e então é transposto em saber ensinado (Chevallard, 1991).

Assim neste trabalho analisamos como é realizada a transposição didática do tema efeito estufa nos livros didáticos usados no ensino superior, ensino médio e em proposições experimentais.

## **Metodologia**

Foi feita uma leitura diagonal nos livros didáticos aprovados pelo PNLEM (Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio) 2008 e PNLD (Plano Nacional do Livro Didático) 2012 e em livros de Química Geral e Química Ambiental para o nível superior (Tabela 1) selecionando os textos que citam o Efeito Estufa. Em posse destes, foi realizada uma leitura detalhada no intuito de compreender como cada autor explica a teoria em questão e quais artifícios utilizam.

PNLEM 2008
Nóbrega, O. S.; Silva, E. R.; Silva, R. H. (2005). <i>Química</i> , São Paulo: Ática.
Santos, W. L. P. dos; Castro, E. N. F. de; Silva, G. de S.; Mól, G. de S.; Matsunuga, R. T.; Farias, S. B. F.; Santos, S. M. de O.; Dib, S. M. F. (2005). <i>Química e Sociedade</i> . São Paulo: Nova Geração.
Feltre, R. (2005). <i>Química</i> . São Paulo: Moderna.
Canto, E. L.; Peruzzo, F. M. (2005). <i>Química na abordagem do cotidiano</i> . São Paulo: Moderna.
Bianchi, J. C. de A; Abrecht, C. H.; Maia, D. J. (2005). <i>Universo da Química</i> . São Paulo: FTD.
Mortimer, E. F.; Machado, A. H. (2005). <i>Química</i> . São Paulo: Scipione.
PNLD 2012
Santos, W. L. P. dos; Castro, E. N. F. de; Silva, G. de S.; Mól, G. de S.; Matsunuga, R.T.; Farias, S. B. F.; Santos, S. M. de O.; Dib, S. M. F. (2010). <i>Química Cidadã</i> . São Paulo: Nova Geração.
Reis, M. (2010). <i>Química-Meio Ambiente-Cidadania-Tecnologia</i> . São Paulo: FTD.
Lisboa, J. C. F. (2010). <i>Ser protagonista química</i> . São Paulo: SM.
Canto, E. L. do; Peruzzo, F. M. (2010). <i>Química na abordagem do cotidiano</i> . São Paulo: Moderna.
Mortimer, E. F.; Machado, A. H. (2011). <i>Química</i> . São Paulo: Scipione.
Química Geral para o nível superior
Brown, T. L.; Lemay, H. E.; Bursten, B. E. (2008). <i>Química - A ciência central</i> . São Paulo : Pearson Education.
Mahan, B. M.; Myers, R. J. (2009). <i>Química um curso universitário</i> . São Paulo: Edgard Blucher
Jones, L.; Atkins, P. (2011). <i>Princípios de química - questionando a vida moderna e o meio ambiente</i> . Porto Alegre: Bookman.
Química Ambiental para o nível superior
Baird, C.; (2002). <i>Química Ambiental</i> . Porto Alegre: Bookman.

Tabela 1. Livros utilizados na análise sobre a abordagem do tema efeito estufa.

Em um segundo momento, foi realizada uma pesquisa no site de busca Google sobre as atividades experimentais que tratam do tema e que pretendessem simular ou modelar o Efeito Estufa, através dos seguintes termos: Experimento e Efeito Estufa. Foram verificados os 100 primeiros links apontados na investigação.

## Resultados

O PNLEM 2008 aprovou seis obras, dentre as quais cinco discorreram em algum momento sobre o Efeito Estufa, enquanto que no PNLD 2012 todas as cinco coleções aprovadas citaram o tema em questão.

A recorrência do tema nos livros didáticos é um indicativo de que a preocupação ambiental está crescendo, entretanto, não é suficiente que este crescimento ocorra apenas do ponto de vista quantitativo, é preciso avaliar como as informações aparecem nas obras e infelizmente alguns equívocos vêm sendo localizados (Toledo e Ferreira, 2013; Lobato et al. 2009), sendo que destes, as principais imprecisões conceituais estão relacionadas à escolha de termos específicos como por exemplo, refletida e reemitida. Tais termos são frequentemente utilizados no intuito de explicar o que acontece com a luz ao atingir a superfície da Terra, como por exemplo:

Dos raios solares que incidem sobre o planeta (...) 70% atingem a superfície terrestre, sendo que uma parte será absorvida por ela e o restante, refletido sob a forma de radiação infravermelha (Santos et al. 2005, p.120).

Apenas uma obra (Santos et al. 2005) aprovada no PNLEM 2008 explicitou que as energias de incidência e emissão são diferentes. Entretanto, não é apresentada explicação sobre como ocorre essa conversão, além de a tratar equivocadamente como uma reflexão.

Quando os autores afirmam que a energia que atinge a superfície da Terra é reemitida ou refletida, estão afirmando que não houve modificação do comprimento de onda desta luz. Porém, segundo a teoria, quando a luz U.V. ou U.V.-vis incide na superfície e é por ela absorvida, parte da energia é utilizada na excitação eletrônica de átomos e moléculas que ao retornarem ao estado fundamental irradiam uma energia de maior comprimento de onda, que por ser diferente em sua natureza, recebe outra denominação: energia infravermelha. Portanto, como a energia emitida pela superfície não tem o mesmo comprimento de onda da energia incidente a terminologia correta para esse processo é irradiação ou emissão.

Os processos de emissão e reflexão estão representados na Figura 1

Uma segunda ideia equivocada e recorrente é expressa na forma dos seguintes termos: aprisionada, retida, presa, escudo e suas variações semânticas e gramaticais, com o objetivo de explicar como e porque a luz solar mantém a atmosfera Terrestre levemente aquecida:

(...) a presença de nuvens e de gás carbônico, na atmosfera terrestre, cria um efeito estufa natural, pois retém uma parte do aquecimento, que é provocado pela luz solar na superfície da Terra (Feltre, 2005, p.331).

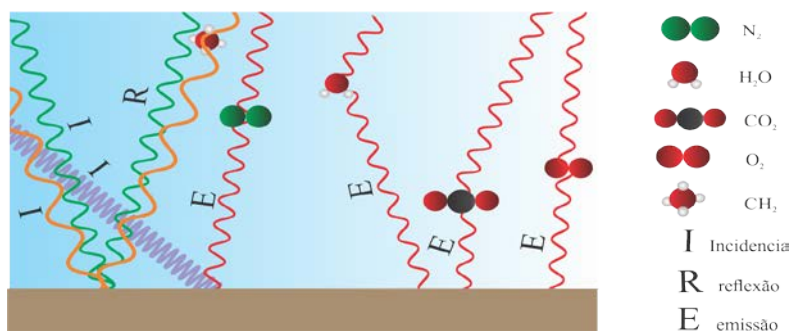


Figura 1.- Processos de Reflexão, absorção e emissão luminosa na atmosfera. As cores dos feixes são fictícias e as espessuras destes estão fora de escala. As concentrações dos gases assim como sua distribuição barométrica não foram levadas em consideração (figura produzida pelos autores).

Estes termos deveriam ser evitados, pois podem vir a ser um obstáculo epistemológico por induzirem o leitor a concluir que existe uma barreira física, o que não é coerente com a teoria. Segundo o modelo teórico, quando o infravermelho é emitido pela superfície ele pode encontrar moléculas no caminho de volta ao espaço podendo ser absorvido por elas. Essa absorção dificulta a saída do I.V., mas não o impede. Caso houvesse realmente uma barreira capaz de evitar indefinidamente a saída da radiação, a atmosfera não se resfriaria a noite e o planeta teria sua temperatura aumentada a cada dia. Essa barreira química apenas faz com que a velocidade de entrada da radiação solar seja maior do que a velocidade de escape destas radiações para fora da Terra. O processo de emissão da radiação I.V. pela superfície com sua possível absorção pelos gases está representado na Figura 1.

Dos livros aprovados nos dois editais (PNLEM 2008 e PNLD 2012), chama a atenção o fato de que Canto e Peruzzo (2010) não fizeram modificação alguma quanto à explicação da interação radiação–matéria. Santos et al. (2010) substituíram a palavra refletir por emitir e também explicaram como acontece a transformação do U.V. e U.V.-vis em infravermelho, mas utilizando o termo retida mesmo após explicar que a radiação é absorvida. Reis (2010) e Lisboa (2010) cometem os mesmos equívocos já citados usando os termos refletir, rebater, reter e escudo:

Esses dois gases ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ) funcionam como um escudo que impede que parte dos raios infravermelhos emitidos pelo Sol e rebatidos pela Terra volte para o espaço (Reis, 2010, p.19).

Parte da radiação solar refletida pela superfície da Terra é absorvida por alguns gases presentes na atmosfera, chamados de gases-estufa. Assim, o calor fica retido na atmosfera terrestre e é esse fenômeno que mantém o planeta aquecido e possibilita a vida (Lisboa, 2010, p.309).

Além dos problemas já discutidos, Reis (2010) diz que a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra é proveniente do Sol. Porém como já foi discutido, a radiação proveniente do sol é a UV/UV-vis.

Mortimer e Machado (2011) não apenas usam o termo correto (emitir) como ainda explicam a forma que a radiação infravermelha é absorvida por moléculas. No entanto, os autores poderiam também esclarecer que além



da frequência ser a mesma a molécula deve ter um momento de dipolo permanente ou induzido diferente de zero.

(...) a Terra aquecida emite radiação I.V. (...) Apenas quando a frequência da radiação eletromagnética coincidir com uma das frequências naturais de vibração da molécula ela irá absorver essa radiação (Mortimer e Machado, 2011, p.215).

Além do texto usual, alguns autores fazem uso de figuras e diagramas com o objetivo de ilustrar a teoria. Entretanto, nem sempre tais recursos auxiliam na compreensão do fenômeno, podendo até mesmo confundir o leitor. Nestas imagens é recorrente a utilização (exceto Reis, 2010; Canto, Peruzzo, 2010) de setas coloridas sem destacar que as cores nada tem a ver com a cor da luz até mesmo porque o infravermelho é invisível ao olho humano. Nestes casos também não são feitos esclarecimentos sobre o fato de que a espessura das setas esta fora de escala, ou seja, não se relaciona com a quantidade de energia que entra e sai no sistema. Além disso, assim como no texto, as figuras reforçam a ideia de que há uma barreira física em volta da terra (Feltre, 2005; Santos et al. 2005; Santos et al. 2010; Reis, 2010) ao mostrarem os raios de sol e a energia emitida pela superfície terrestre incidindo em uma mesma linha onde inclusive um dos autores dispõe gases estufas alinhados, em suas duas coleções (Santos et al. 2005; Santos et al. 2010).

As imagens ilustrativas dos livros citados podem ser visualizadas na Figura 2.

Os autores de livro didático além de realizarem a transposição didática, com alguns equívocos, através da adaptação da linguagem e símbolos também utilizaram como recurso o uso de analogias relacionando o Efeito Estufa com uma estufa ou carro. Entretanto cabe destacar que os fenômenos observados em estufas apresentam importantes divergências em relação ao fenômeno atmosférico.

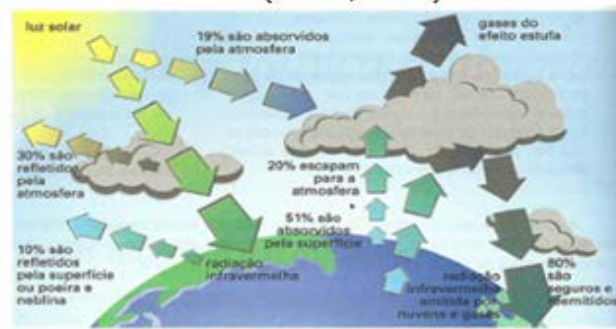
O teto e as laterais de vidro permitem a entrada de luz solar, mas impedem a saída dos raios infravermelhos (calor), mantendo-se assim o interior da estufa aquecido. De modo análogo, a presença de nuvens e de gás carbônico, na atmosfera terrestre, cria um efeito estufa natural, pois retém uma parte do aquecimento que é provocada pela luz solar na superfície da Terra (Feltre, 2005, p.331).

As obras (Santos et al. 2005; Feltre, 2005; Canto e Peruzzo, 2005; Reis, 2010; Canto e Peruzzo, 2010) ao fazerem uso deste tipo de analogia geralmente não diferenciam um processo do outro e não consideram que o vidro ou plástico da estufa de plantas tem um efeito diferente dos gases que provocam o fenômeno em questão. Apenas duas coleções (Nóbrega et al. 2005; Mortimer e Machado, 2011) chamaram a atenção para a diferença entre os dois processos.

Diferentemente do vidro de uma estufa, que não permite a saída do ar quente, são as deformações sofridas pelas moléculas do gás carbônico e as rotações dos seus átomos os responsáveis pela absorção da radiação infravermelha (Nóbrega et al. 2005, p.546).



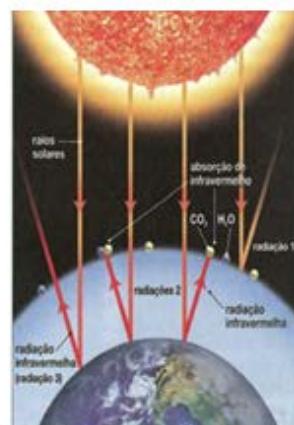
(Feltre, 2005)



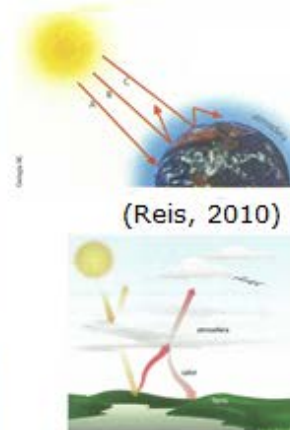
(Nóbrega et al. 2005.)



(Santos et al. 2005)



(Santos et al. 2010)



(Reis, 2010)

(Mortimer e Machado, 2011)

Figura 2.- Imagens ilustrativas dos livros aprovados pelo PNLEM 2008 e PNLD 2012 para explicar o Efeito Estufa

Algumas das analogias apresentadas são ilustradas com diagramas fiéis ao conceito análogo (Santos et al. 2005; Feltre, 2005; Santos et al. 2010; Mortimer e Machado, 2011; Canto e Peruzzo, 2010) reforçando assim a existência de similaridade entre os diferentes fenômenos. Essas ilustrações podem ser visualizadas na Figura 3.



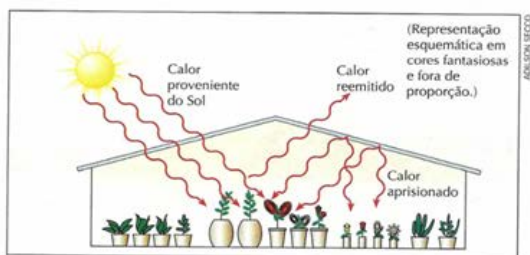
Cultivo de flores em estufa.

(Feltre, 2005)



A estufa é uma câmara fechada que retém calor. Nas estufas de vidro, usadas para cultivo de plantas, o vidro atua semelhantemente aos gases do efeito estufa. Ele deixa passar a radiação solar, mas absorve a radiação infravermelha irradiada pelos materiais que estão no seu interior. Esse é o mesmo processo que ocorre em um automóvel fechado, estacionado sob o sol.

(Santos et al. 2010)



▲ Esquema de uma estufa com paredes e telhados de vidro ou plástico.  
Fonte: Elaborado a partir de TREFIL, J.; HAZEN, R. M. *Física viva*. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1. p. 256.

(Canto, Peruzzo, 2010)

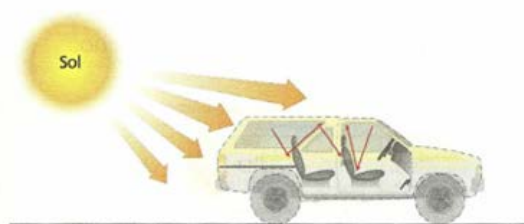


Figura 4-7: O carro exposto ao Sol e com os vidros fechados funciona como uma estufa.

(Mortimer, Machado, 2011)

Figura 3.- Ilustrações das analogias feitas com o Efeito Estufa nos livros didáticos de química aprovados pelo PNLEM 2008 e PNLD 2012.

De maneira geral, os equívocos que aparecem nas analogias são os mesmos já relatados na explicação teórica e reforçados com os recursos gráficos:

1) Em algumas obras não é feita diferenciação (Santos et al. 2005; Santos et al. 2010) entre a luz que entra na estufa de plantas (ou carro) e a luz responsável pelo aquecimento do ar no interior da mesma. Naquelas que destacam essa diferença (Feltre, 2005; Canto e Peruzzo, 2005; Canto e Peruzzo 2010; Nóbrega, 2005), não é oferecida uma explicação sobre as discrepâncias.

2) A ideia de existência de uma barreira física (Santos et al. 2005; Santos et al. 2010; Feltre, 2005; Canto e Peruzzo, 2005; Canto e Peruzzo 2010; Reis, 2010); que impede a saída do calor é reforçada, desrespeitando o fato de que a distribuição de gases em diferentes altitudes da atmosfera ocorre em função da massa molar dos mesmos (distribuição barométrica dos gases) (Bottecchia, 2009).

3) Não se diferencia o que acontece no carro ou na estufa vegetal do processo físico-químico que ocorre em nível molecular (Santos et al. 2005; Santos et al. 2010; Feltre, 2005; Canto e Peruzzo, 2005; Canto e Peruzzo, 2010).

4) Não são feitas considerações sobre a diferença entre as intensidades das correntes de convecção observadas em uma estufa de plantas e a atmosfera (Santos et al. 2005; Santos et al. 2010; Feltre, 2005; Canto e Peruzzo, 2005; Canto e Peruzzo, 2010; Nóbrega, 2005).

O livro que mais se distancia desses quatro problemas citados é o de Mortimer e Machado (2011):

O vidro do carro é transparente à radiação visível, mas não o é, do mesmo modo, em relação à radiação infravermelha. Desse modo, a luz do sol ilumina o painel e o estofamento do carro, aquecendo-os. Aquecidos, esses materiais emitem radiação infravermelha, que é, em parte, absorvida pelo vidro. A outra parte dessa radiação não consegue sair do carro, pois o vidro impede essa saída. (...) Uma segunda razão para o aquecimento é que os vidros fechados impedem a circulação do ar (saída do ar quente e entrada do ar frio).

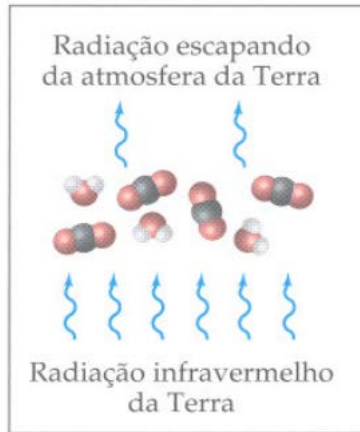
Podemos estabelecer uma analogia entre o comportamento de um carro exposto ao Sol e a Terra no espaço. Enquanto absorve energia radiante do Sol, na faixa de radiação visível, a Terra também emite radiação infravermelha. O balanço de taxa de radiação emitida e absorvida faz com que a Terra, como um todo, tenha uma temperatura média que se mantém relativamente constante ao longo do tempo. (...) Esse fenômeno é denominado efeito estufa, por ser análogo à estufa de plantas (e ao que ocorre com um carro exposto ao sol). (...) A retenção de energia pelos gases estufa decorre de um mecanismo físico-químico bem diferente daquele que ocorre nas estufas agrícolas (Mortimer e Machado, 2011, p.209).

Nesse caso o autor discorre sobre a entrada de U.V./U.V.-vis, emissão de I.V., fala da ausência de circulação de ar dentro do carro, cita que a retenção de energia pelos gases estufas decorre de um mecanismo físico-químico diferente, mas não explica qual é essa diferença, além disso não desconstrói a imagem de que há um "filme fino" de moléculas impedindo a passagem do I.V.

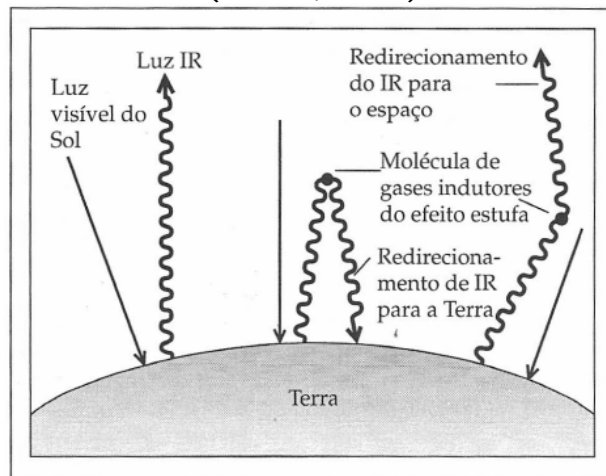
Quanto aos livros universitários, dentre os quatro analisados (Jones e Atkins, 2011; Brown et al. 2008; Mahan e Myers, 2009; Baird, 2002) três destes fazem referências a Teoria do Efeito Estufa e os equívocos foram relativamente menores (Jones e Atkins, 2011; Brown et al. 2008; Baird, 2002). Nenhum dos livros confundiu reflexão com emissão e todos deixaram claro que a luz emitida pela superfície da Terra é do tipo I.V. No entanto, todos os livros analisados apresentaram o conceito de barreira física através do uso das palavras: reter, cercar, escapar, cobertor, vidro, sem diferenciar os processos. Quanto às imagens, apenas Brown et al. (2008) e Baird (2002) ilustraram suas explicações e estas não reforçam a ideia de barreira. Essas imagens podem ser visualizadas na Figura 4.

Imagens que transmitem a ideia de que existe na atmosfera uma barreira física, como nas estufas, também podem ser encontradas na proposição de atividades experimentais espalhadas "viralmente" pela internet, o que reforça os problemas de aprendizagem sobre o tema.

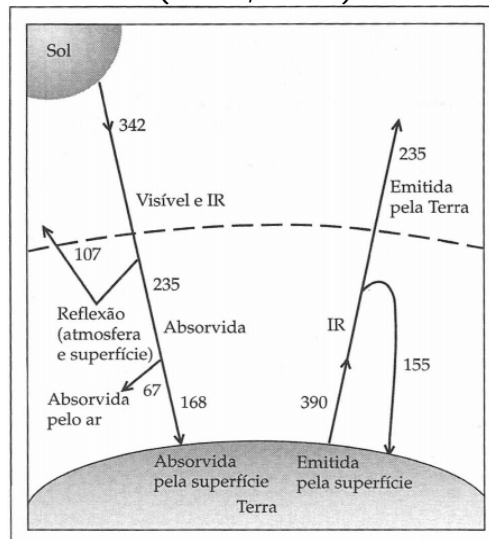
Os professores, de um modo geral, atribuem à experimentação um caráter motivador e facilitador da aprendizagem, porém se sentem pouco satisfeitos com as condições infra estruturais de suas escolas, principalmente as públicas (Gonçalves, 2006), mesmo podendo acessar várias revistas que apresentam experimentos de baixo custo e que podem ser desenvolvidos em sala de aula (Silva et al. 2009).



(Brown, 2008)



(Baird, 2002)



(Baird, 2002)

Figura 4.- Imagens ilustrativas de livros universitários para explicar o Efeito Estufa

Além das revistas, sites de busca como o Google permitem que o professor ou o próprio aluno encontre opções acessíveis. Entretanto, como o que se disponibiliza na internet não passa por avaliação de especialistas,

muitos problemas podem ser encontrados. A falta de conhecimento específico e de leitura crítica muitas vezes dá lugar ao "espetáculo" e ao sedutor "show da ciência".

Apesar dos livros aprovados pelo MEC apresentarem aproximadamente 200 atividades experimentais, nenhuma delas se propunha a simular o efeito estufa, assim como ocorre com os livros universitários. Os autores que mais se aproximam de propor uma atividade experimental que simule o fenômeno foram Mortimer e Machado (2011).

Mortimer e Machado (2011) solicitam que os alunos, usando um termômetro de I.V., meçam a temperatura de vários objetos expostos ao sol, inclusive a temperatura de duas caixas de madeira pintadas de preto, estando uma aberta e a outra fechada com uma tampa de vidro. No entanto, como não explicitam se consideram esta atividade uma simulação do fenômeno, recomendando apenas que comparem o resultado obtido com a temperatura média da Terra, foi feita a opção por considerar que os autores compreendiam as limitações do experimento e, por isso, deixaram sob a responsabilidade do professor fazer as considerações pertinentes, até porque em outra parte de seu texto, estes autores deixam claro que existem discrepâncias entre a estufa e o Efeito Estufa, sem discuti-las. Porém, este poderia ter sido um momento oportuno para a discussão, pois é importante levar em consideração que nem todos os professores estarão preparados para realizá-la ou então, esta pode simplesmente passar despercebida porque o livro didático não destaca essa necessidade.

Por outro lado, quando uma busca por atividades experimentais sobre o efeito estufa é feita na internet, várias proposições podem ser encontradas. Entre elas uma merece destaque, pois o mesmo experimento, com algumas variações discretas, é divulgado em diversos sites (Sites,1-10). O experimento proposto nesses sites tem basicamente o seguinte protocolo:

"Uma caixa de sapato é forrada com papel alumínio, dentro desta é colocado um copo com água e então a caixa é tampada com filme plástico. Um segundo copo é colocado do lado de fora. Ambos devem ficar sob a luz de uma lâmpada incandescente forte. Após alguns minutos (15-20) a caixa é aberta e com um termômetro ou com o dedo a temperatura da água é verificada, com o objetivo de comparar qual dos copos está mais quente" (Sites,1-10).

O resultado que deve ser obtido pelo experimentador. Segundo o próprio protocolo é de uma temperatura mais elevada no sistema fechado.

Alguns sites (Sites 2,5) não explicam os resultados obtidos e apenas apresentam o procedimento como um roteiro a ser seguido. Em outros (Sites 3,6,7) a explicação é resumidamente a mesma: "A luz passa pelo plástico e se transforma em calor ao atingir a superfície interna". Outros (Sites 1,4) dizem que "o ar do interior da caixa foi aquecido pela luz".

Apenas alguns (Sites 1,4,6) tentaram correlacionar o fenômeno simulado com o que acontece na Terra. Nestes casos, são feitas afirmações de que o processo é basicamente o mesmo, pois o sol emite luz que é transformada em calor e este não consegue escapar por causa dos gases estufa.



Entretanto, apesar do resultado favorável, ou seja, um sistema com uma temperatura maior do que o outro, nossa hipótese é que não é feita a simulação do efeito estufa e sim uma estufa, como a de plantas.

Para colocarmos em prova nossa hipótese reproduzimos o mesmo experimento encontrado nos sites (Figura 5a) com o cuidado de manter a lâmpada equidistante dos béqueres, os quais continham a mesma quantidade de água.

A temperatura foi monitorada por 1 h resultando em uma variação de  $3,0 \pm 0,5$  °C entre o sistema fechado e aberto para a lâmpada incandescente. Este resultado é condizente com a literatura, entretanto apesar de favorável, ou seja, um sistema com uma temperatura maior do que o outro, este ainda não nos fornece informações suficientes.

Sabe-se que a lâmpada incandescente usada neste trabalho e nos experimentos da literatura emite radiações do tipo I.V., U.V. e U.V.-vis, enquanto que chega a superfície terrestre principalmente energia U.V. e U.V.-vis das radiações emitidas pelo sol.

Nestes termos para fundamentarmos essa discussão, o experimento foi reproduzido com diferentes lâmpadas: UV-A (Figura 5b) e I.V. (Figura 5c).

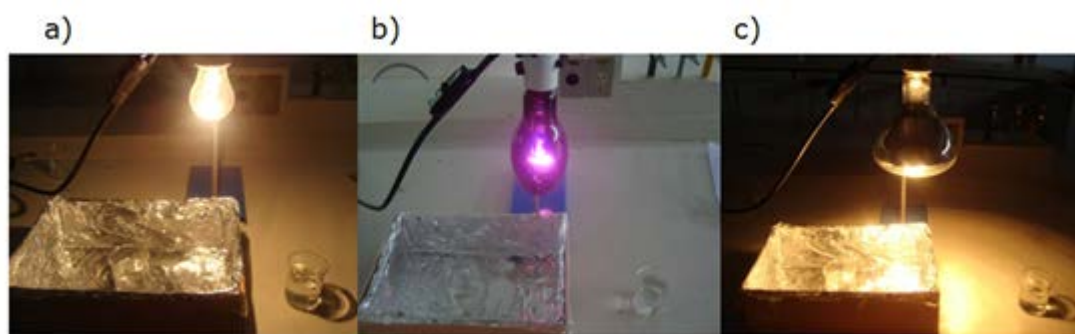


Figura 5.- Sistema experimental onde uma lâmpada (a-incandescente; b-Ultravioleta, c-I.V.) ilumina dois béqueres com água estando um contido em uma caixa de sapato fechada por um filme plástico e o segundo sobre a bancada. A distância entre os béqueres e a luz é equivalente nos 3 sistemas e igual a 30 cm.

As lâmpadas de U.V. podem ser subdivididas, de acordo com a banda de energia que emitem, em UV-A, UV-B, UV-C. Neste trabalho foi utilizada UV-A, também conhecida como luz negra, por ser segura e encontrada no comércio comum, enquanto a radiação U.V.-C praticamente não chega a superfície da Terra pois é filtrada pelo ozônio e a radiação UV-B é correlacionada ao câncer de pele e, portanto não recomendável. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 2.

<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Sistema Aberto (t em °C)</b>	<b>Sistema Fechado (t em °C)</b>
Incandescente	26	29
U.V.-A	26	27
I.V.	35	49

Tabela 2.- Temperatura dos sistemas após 1h de exposição a radiação emitida por diferentes lâmpadas.

As únicas lâmpadas que resultaram em variação de temperatura razoável foram as incandescentes e a I.V., o que nos induz a acreditar que a luz responsável pelo aquecimento da água foi, de fato, a radiação infravermelha, ou seja, diferente do que se discute nos sites, esse sistema não favorece uma conversão de luz em radiação térmica, pois dentro do mesmo não há nenhum material simulando a superfície da Terra, que opera como um corpo negro, absorvendo radiação U.V./U.V.-Vis e emitindo I.V.

De acordo com o modelo teórico, era de se esperar que o sistemas 2 (U.V.-A) resultasse na mesma temperatura tanto para o sistema aberto quanto para o sistema fechado, já que o U.V. não relaciona-se diretamente com o calor. Porém como a conversão de energia elétrica em U.V. não se dá de forma ideal alguma quantidade de calor é emitida pela lâmpada, por efeito Joule.

Portanto podemos inferir que no sistema divulgado na literatura não há uma conversão de U.V. em I.V. como sugerido e sim incidência do próprio I.V. emitido por esse tipo de lâmpada. Outro ponto que merece destaque é que além da ausência de conversão de U.V. para I.V. o filme plástico não simula os gases estufas na forma de uma barreira química, mas repete o fortalecimento do equivoco conceitual, já discutido, ao utilizar uma barreira física. Sistemas como estes, em que um recipiente se encontra aberto e o outro fechado, geram um diferencial de temperatura devido a um fenômeno físico (correntes de convecção) e não um fenômeno químico (absorção de I.V.) que é a principal diferença entre o Efeito Estufa e uma estufa de plantas.

Quando uma energia térmica incide em uma superfície esta irá atingir uma temperatura de equilíbrio que dependerá da quantidade de energia que entra e sai do sistema, podendo resultar nas seguintes situações (Figura 6):

- 1) Energia entrando > Energia saindo = Sistema aquece
- 2) Energia Entrando < Energia Saindo = Sistema esfria
- 3) Energia entrando = Energia saindo = Sistema permanece com a mesma temperatura inicial.

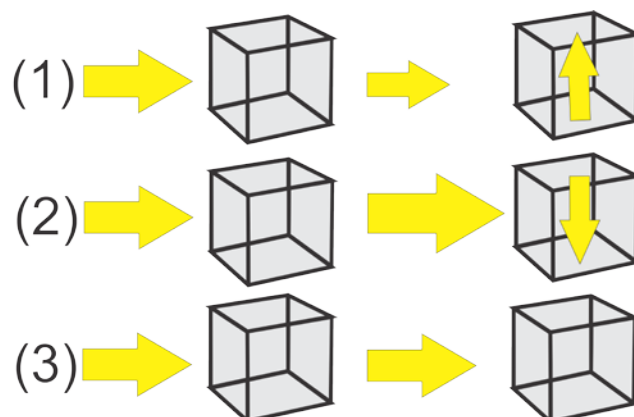


Figura 6.- Representação da incidência de energia térmica em 3 sistemas: (1) sofre aquecimento (2) resfriamento (3) sem variação de temperatura (figura produzida pelos autores).



O sistema 1 é a reprodução da caixa de sapato fechada enquanto o sistema 3 é o que acontece no bécquer com água aberto.

Quando I.V. é emitido e adentra o sistema, formado por uma caixa de papelão, um bom isolante térmico, e coberta por um filme plástico. Essa radiação tem maior facilidade para entrar do que para sair do sistema. Portanto, a água tem mais tempo para absorver a radiação e assim aquecer. Isto também explica porque após desligar a lâmpada a água contida dentro da caixa continua aquecida por algum tempo, mas não indefinidamente, pois logo a quantidade de energia que sai é maior do que a que entra e o sistema atingirá um novo equilíbrio térmico. Enquanto isso, o copo aberto mesmo recebendo a mesma radiação infravermelha não se aquece consideravelmente, pois o ar a sua volta não está preso e assim a radiação se dispersa com maior facilidade trocando calor mais rapidamente com o meio, resultados estes advindos das correntes de convecção dos sistemas (Figura 7).

Outro equívoco é a escolha da água, pois sendo esta uma substância com alta capacidade calorífica, ela necessita de grande quantidade de energia para sofrer aquecimento e sendo o modelo teórico do efeito estufa um sistema complexo e com pequenas variações na temperatura, o uso da água dificulta sua mensuração.

Foram encontradas outras variações do mesmo experimento e que também apresentam explicações inadequadas (Sites 8-10). Como por exemplo, um termômetro dentro de um recipiente de vidro enquanto o outro fica sobre um tecido branco (Site 9). Porém dentre as variações deste mesmo experimento uma destaca-se com a seguinte proposta: "Uma mão foi colocada dentro de um saco plástico transparente enquanto a outra ficou do lado de fora". Além dos equívocos já apresentados pelos outros sites este foi um pouco mais longe ao afirmar que:

Demonstrei utilizando essa sequência didática que o efeito estufa na Terra está relacionado com a grande quantidade de água em nossa baixa atmosfera (que é o conceito científico correto!) (...) devido a evaporação com o calor do Sol. Uma boa parte do calor do Sol ficou aprisionado no vapor (Site 10).

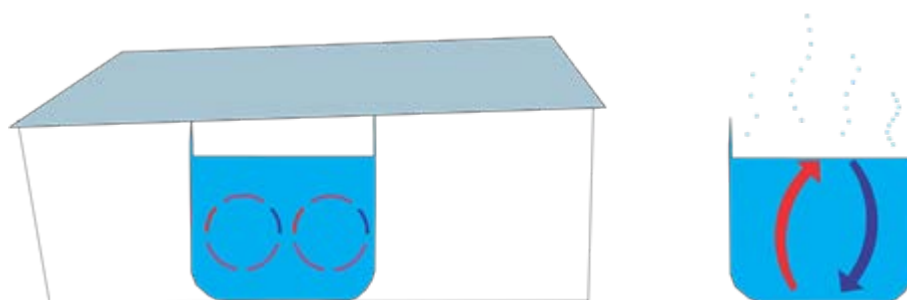


Figura 7.- Correntes de convecção (a) sistema fechado (b) sistema aberto (figura produzida pelos autores).

Como foi explicitado, o que manteve o sistema experimental quente, e portanto uma estufa aquecida, é a falta de correntes de convecção devido a presença de uma barreira física que impede o ar de circular. No Efeito Estufa não existem barreiras físicas, mas sim uma barreira química formada

por moléculas que absorvem I.V. e emitem I.V. dificultando a transferência de energia para fora da atmosfera. Também deve-se considerar a ação da força gravitacional no sistema Terra, já que é ela a responsável pela distribuição de gases na atmosfera em função de suas massas molares (distribuição barométrica).

Há também autores que se atentaram para a necessidade de um absorvedor dentro do sistema, porém mesmo na presença deste não é possível comparar o sistema fechado com um sistema aberto, fazendo uso apenas de um termômetro ou termopar. Nestes casos, é necessário ponderar sobre as contribuições distintas dos fenômenos físicos e químicos (Figura 8) (Besson et al. 2010).



Figura 8.- Monitoramento da temperatura de uma caixa com o fundo preto na presença e ausência de uma tampa de plástico (Besson et al. 2010).

Há ainda autores que tornam o sistema ainda mais complexo dificultando a comparação, como por exemplo:

Em duas garrafas PETs são inseridas a mesma quantidade de Terra preta, sendo que a primeira deve ser mantida aberta enquanto a segunda deve ter sua parte superior tingida de preto conforme Figura 9. Ambas as garrafas são expostas a luz solar e tem suas temperaturas monitoradas. Segundo os autores, a parte pintada de preto simula a ativação de poluentes que dificultam a dispersão de calor (Site,11).

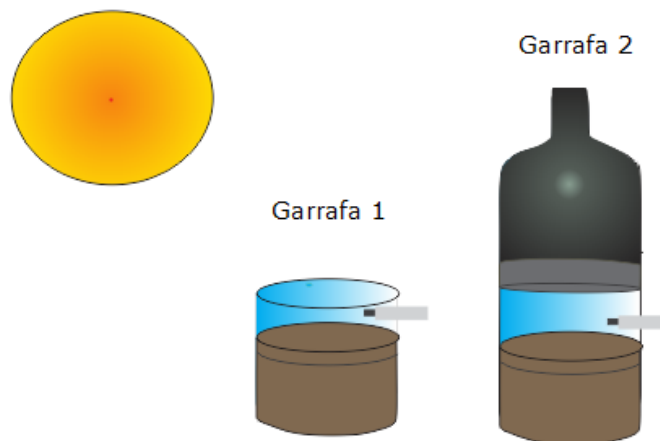


Figura 9.- Simulação do Efeito estufa através de garrafas PETs contendo terra preta (figura produzida pelos autores).

Como resultado a Garrafa de número (2) atinge uma temperatura mais elevada. Entretanto, esse resultado não pode ser atribuído ao efeito estufa,

pois não é possível comparar os 2 sistemas, uma vez que são diferentes pois:

Garrafa 1: Encontra-se aberta, portanto livre das correntes de convecção.

Garrafa 2: Encontra-se fechada, portanto as correntes de convecção estão presentes. Teve sua parte superior tingida de preto intensificando a entrada de energia infravermelha em detrimento da radiação visível, pois ao incidir radiação visível em materiais negros esta é absorvida e convertida em radiação I.V.

Os resultados indicam que os equívocos conceituais presentes na transposição didática teórica se propagou para os modelos experimentais através do mau uso da analogia. É importante que autores tenham em mente que assim como a transposição didática de uma teoria não significa uma simplificação da mesma e sim uma adaptação de linguagens e símbolos, o mesmo cuidado deve ser tomado na proposição de experimentos.

Quando experimentos são utilizados em auxílio à transposição didática deve-se ter a clareza de que não é o fenômeno alvo que está em estudo ou observação. As variáveis não serão exatamente as mesmas e/ou o sistema que se deseja representar em microescala não se comporta como o alvo. É próprio dos sistemas naturais a existência de especificidades que nos impedem de reproduzir em laboratório o fenômeno em sua totalidade e é por isso que casos como o do efeito estufa causam polêmicas mesmo na comunidade científica. Aliás, este é um bom exemplo do que não pode ser reproduzido fielmente em laboratório e nem mesmo em macroescala, pois apenas em casos excepcionais pesquisadores realizam experimentos na dimensão do próprio fenômeno.

Um exemplo de experimento em macroescala foi realizado em 1976, quando pesquisadores de Ontário no Canadá iniciaram a acidificação do lago 223 com ácido sulfúrico. O pH que inicialmente era 6 foi reduzido, progressivamente, até que atingisse o valor de 5 em 1983, sendo posteriormente aumentado até 6,7 no ano de 1994. Os cientistas pretendiam quantificar a relação entre o acréscimo de ácido e as respostas física, química e biótica do lago. Cabe destacar que tais experimentos são submetidos à aprovação da comunidade científica e dos órgãos governamentais que avaliam juntos as possíveis consequências para o ambiente (Schindler, 1998; Mills et al. 1987; Findlay e Kasian, 1996).

De forma alguma se defende aqui o abandono da analogia como recurso didático, pois consideramos ser este de grande valia em vários momentos. Ao invés disso, chamamos a atenção para os princípios básicos do uso de analogias: (1) discutir o domínio conhecido (2) discutir o domínio alvo (3) comparar as similaridades (4) comparar as diferenças. Acreditamos ser necessária uma atenção maior com a transposição didática, o que não necessariamente implica no abandono da atividade experimental, que se bem conduzida pode suscitar discussões ricas para o processo de ensino e aprendizagem.

## **Conclusão**

Foram encontrados os mesmos equívocos conceituais referentes à Teoria do Efeito Estufa nos livros do Ensino Médio, em alguns livros universitários e nas proposições experimentais. Tais equívocos podem propiciar a criação de obstáculos epistemológicos, fortalecidos pelo uso de analogias e imagens concretas no tratamento de um modelo teórico que envolve diferentes fenômenos abstratos. Problemas como esses poderiam ser minimizados através do uso dos princípios básicos das analogias e contribuiriam com a formação do pensamento crítico, pois obter um resultado experimental desejado não significa representar o modelo teórico visado. Afinal, a partir de premissas falsas também é possível obter resultados "verdadeiros", portanto bons valores numéricos não devem ser considerados suficientes. Concluímos que a variação de temperatura nestes experimentos são ocasionadas pela presença e ausência de correntes de convecção nos sistemas aberto e fechado, respectivamente, e não pela conversão da radiação luminosa em calor, ou seja, a variação de temperatura observada é resultado do fenômeno estufa e não do Efeito Estufa.

Deste modo, assim como os livros textos, os experimentos confundem os processos físico-químicos dos dois fenômenos que apesar de nominalmente similares são fundamentalmente diferentes. É importante ressaltar que o teor de equívocos conceituais propagados pelos diferentes meios de comunicação é o mesmo. Entretanto, deve-se atribuir um peso maior aos livros textos, pois eles foram analisados por uma equipe de especialistas antes de serem distribuídos nas escolas, enquanto que os textos da internet, a rigor, não foram submetidos a uma análise tão sistemática.

### Referências

Arrhenius, S. (1896). On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical magazine and journal of Science*, 41, 251, 237-276.

Bachelard, G. (1971). *La formation de l'esprit Scientifique*, Paris :J. Vrin.

Baird, C.; (2002). *Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman.

Besson, U.; Ambrosis, A. D.; Mascheretti, P. (2010). Studying the physical basis of global warming: thermal effects of interaction between radiation and matter and greenhouse effect. *European Journal of Physics*, 31, 2, 375-388.

Bianchi, J. C. de A; Abrecht, C. H.; Maia, D. J. (2005). *Universo da Química*. São Paulo: FTD.

Bottecchia, O. L. (2009). A fórmula barométrica como instrumento de ensino em química. *Química Nova*, 32, 7, 1965-1970.

Brasil (2000). Ministério da Educação-MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec.

Brown, T. L.; Lemay, H. E.; Bursten, B.E. (2008). *Química - A ciência central*. São Paulo: Pearson Education.

Callendar, G. S. (1938). The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64,275, 223-240.

Canto, E. L.; Peruzzo, F. M. (2005). *Química na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Moderna.

Canto, E. L. do; Peruzzo, F. M. (2010). *Química na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Moderna.

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Buenos Aires: S.A.

Feltre, R. (2005). *Química*. São Paulo: Moderna.

Findlay, D. L.; Kasian, S. E. M. (1996). The effect of incremental pH recovery on the Lake 223 phytoplankton community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 4, 856-864.

Fourier, J. (1827). Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. *Memoirs of the Royal Academy of Sciences of the Institut de France*, 7, 569-604.

Gonçalves, F. P.; Marques, C. A. (2006). Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11, 2, 219-238.

IPCC. Em <http://www.ipcc.ch>, acessado em Março 2014.

Jones, L.; Atkins, P. (2011). *Princípios de química - questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman.

Kuhn, T. S. (1998). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.

Lisboa, J. C. F. (2010). *Ser protagonista química*. São Paulo: SM.

Lobato, A. C.; Silva, C. N. da; Lago, R. M.; Cardeal, Z. de L.; Quadros, A. L. de (2009). Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio: é simples entender esse fenômeno? *Ensaio*, 11,1,1-18.

Mahan, B. M.; Myers, R. J. (2009). *Química um curso universitário*. São Paulo: Edgard Blucher.

Mills, K. H.; Chalanchuk, S.M.; Mohr, L. C.; Davies, I. J. (1987). Responses of fish populations in lake 223 to 8 years of experimental acidification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44, 1, 114-125.

Mortimer, E. F.; Machado, A. H. (2005). *Química*. São Paulo: Scipione.

Mortimer, E. F.; Machado, A. H. (2011). *Química*. São Paulo: Scipione.

NIPCC. Em <http://www.nipccreport.org/>, acessado em Março 2014.

Nóbrega, O. S.; Silva, E. R.; Silva, R. H. (2005). *Química*, São Paulo: Ática.

Oreskes, N. (2004). The scientific consensus on climate change. *Science*, 306, 1686-1687.

Plass, G. N. (1956). The carbon dioxide theory of climatic change. *Tellus*, 8, 2, 140-154.

Praia, J. F.; Cachapuz, A. F. C.; Gil-Perez, D. (2002). Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, 8, 1, 127-145.

Reis, M. (2010). *Química- Meio Ambiente-Cidadania-Tecnologia*. São Paulo: FTD.

Resnick, D. H.; Walker, J. (1995). *Fundamentos de física 4, ótica e física moderna*. Rio de Janeiro: LTC.

Revelle, R.; Suess, H. E. (1957). Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO<sub>2</sub> during the past decades. *Tellus*, 9,1, 18-27.

Santos, F. D. (2007). A física das alterações climáticas. *Gazeta de Física*, 30, 48-57.

Santos, W. L. P. dos; Castro, E. N. F. de; Silva, G. de S.; Mól, G. de S.; Matsunuga, R. T.; Farias, S. B. F.; Santos, S. M. de O.; Dib, S. M. F. (2005). *Química e Sociedade*. São Paulo: Nova Geração.

Santos, W. L. P. dos; Castro, E. N. F. de; Silva, G. de S.; Mól, G. de S.; Matsunuga, R. T.; Farias, S. B. F.; Santos, S. M. de O.; Dib, S. M. F. (2010). *Química Cidadã*. São Paulo: Nova Geração.

Schindler, D. W. (1998). Replication versus realism: the need for ecosystem-scale experiments. *Ecosystems*, 1, 4, 323-334.

Schnetzler, R. P. (1981). Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978. *Química Nova*, 4, 1, 6-15.

Silva, R. T. da; Cursino, A. C. T.; Aires, J. A.; Guimarães, O. M. (2009) Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção experimentação no ensino de química" da revista química nova na escola 2000-2008. *Ensaio*, 11, 2, 1-22.

Toledo, E. J. de L., Ferreira, L. H. (2013). Os gases estufas nos livros didáticos. *Resumos do IX Congresso Internacional sobre investigação em didáctica de las ciências*, Girona, Espanha.

Tolentino, M.; Rocha-Filho, R. C. (1998). A química no efeito estufa. *Química Nova na Escola*, 8, 10-14.

Tyndall, J. (1861). On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 22, 146, 169-194.

Tyndall, J. (1863). On radiation through the earth`s atmosphere. *Philosophical Magazine*, 25, 170, 200-206.

Anexo Sites. Em

(1): <<http://www.cienciaempauta.am.gov.br/2013/01/o-efeito-estufa-diante-de-seus-olhos/>>, acessado em Março 2014.

(2): <[http://www.mudancasclimaticas.c3.furg.br/index.php?Itemid=913&option=bloco\\_texto&id\\_site\\_componente=1324](http://www.mudancasclimaticas.c3.furg.br/index.php?Itemid=913&option=bloco_texto&id_site_componente=1324)>, acessado em Março 2014.

(3): <<http://www.ciencia.mao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=geocienciassimuladordoef>>, acessado em Março 2014.

(4): <<http://chc.cienciahoje.uol.com.br/o-efeito-estufa-diante-de-seus-olhos-2/>>, acessado em Março 2014.

(5): <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=636>>, acessado em Março 2014.

(6): <<http://quipibid.blogspot.com.br/2011/05/simulador-do-efeito-estufa.html>>, acessado em Março 2014.

(7): <<http://www.tiberiogeogeo.com.br/texto/ExperimentosGeografia7.pdf>>, acessado em Março 2014.

(8): <<http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/atividade-sobre-efeito-estufa.htm>>, acessado em Março 2014.

(9): <[http://www.ehow.com.br/experimentos-sobre-efeito-estufa-lista\\_5648/](http://www.ehow.com.br/experimentos-sobre-efeito-estufa-lista_5648/)>, acessado em Março 2014.

(10): <<http://olhando-para-o-ceu.blogspot.com.br/2012/04/laboratorio-efeito-estufa-vilao-ou.html>>, acessado em Março 2014.

(11): <<http://pt.scribd.com/doc/23536792/experiencia-efeito-estufa0#download>>, acessado em Março 2014.