

Ensinando física com consciência ecológica e com materiais descartáveis

(Teaching physics with ecologic consciousness and with detachable materials)

Felipe Damasio¹ e Maria Helena Steffani²

¹Escola de Educação Básica João Dagostim, Criciúma, SC, Brasil

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 6/8/2007; Aceito em 20/9/2007

Neste trabalho descrevemos uma atividade interdisciplinar realizada em uma escola pública da cidade de Criciúma, SC, cujo objetivo principal foi conscientizar alunos e pais sobre o aquecimento global, além de proporcionar os primeiros passos para que a comunidade local contribuísse para sua diminuição. Para atingir este objetivo envolvemos toda comunidade escolar do ensino médio na construção de aquecedores solares caseiros com materiais descartáveis. Os professores utilizaram o projeto para a exploração de conceitos científicos envolvidos durante sua execução.

Palavras-chave: aquecimento global, ensino de física, interdisciplinaridade, física térmica, material de baixo custo.

In this paper we describe an interdisciplinary activity realized in a public school of Criciúma, SC, whose main objective was to become students and parents aware of the global warming, besides involving the local community in actions for its reduction. In order to reach this goal, we engage the High School community in the construction of a solar home heater with detachable materials. The teachers used the project to explore the scientific concepts involved in the buildup.

Keywords: global warming, physics teaching, interdisciplinarity, thermal physics, inexpensive materials.

1. Introdução

Carl Sagan, astrônomo profissional e um dos maiores divulgadores da ciência, já manifestava sua preocupação com o aquecimento global. No livro póstumo *Bilhões e Bilhões* [1], publicado em 1998, Sagan trata do que poderia acontecer se nada fosse feito para diminuir as emissões de CO₂ na atmosfera terrestre. Desde então, estas emissões só aumentaram, e o que Sagan descreveu - quase como ficção - sobre o que aconteceria com nosso planeta, tornou-se a nossa terrível realidade em menos de 10 anos.

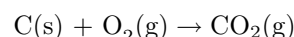
Mas muitos céticos argumentam que esta variação da temperatura global é cíclica. Passamos por eras glaciais que duram 100 mil anos intercalados por épocas com temperatura maiores, as chamadas eras interglaciais, que duram em média 12 mil anos [2].

A estratigrafia e a química do gelo polar nos permite afirmar que nos últimos 420 mil anos a concentração de gás carbônico nunca atingiu os níveis atuais [3]. Antes da revolução industrial os níveis de gás carbônico não excederam 300 partes por milhão (ppm) [4]. Hoje, a concentração já chega em 430 ppm [2], e a tendência é

que este valor continue aumentando. O acréscimo na concentração de gás carbônico na atmosfera aumenta o efeito estufa, aumentando a temperatura média do planeta.

A maior causa do aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera é a queima de combustíveis fósseis. Petróleo, carvão e gás natural são os grandes vilões desta história. A queima de combustíveis fósseis é o principal motivo do aquecimento global porque, ao queimá-los, estamos combinando o carbono destes combustíveis com o oxigênio do ar. Esta combustão libera energia aprisionada há 200 milhões de anos [1].

Quando o carbono (C) dos combustíveis fósseis se combina com o oxigênio do ar (O₂) ele forma o gás carbônico, conforme reação química representada a seguir



O gás carbônico aumenta o efeito estufa. Este efeito é o que permite que exista vida em nosso planeta, pois sem ele a temperatura média na Terra seria abaixo da temperatura de fusão da água [5]. Assim, até certa

¹E-mail: profbolla@uol.com.br.

quantidade, o efeito estufa é essencial para a vida; em excesso, torna o planeta inabitável.

O planeta mais parecido com a Terra é uma lembrança dramática do que uma quantidade excessiva de efeito estufa pode causar. Trata-se de Vênus. Se não fosse pelo efeito estufa, a temperatura de Vênus seria menor que a da Terra - mesmo Vênus estando mais próximo do Sol. Porém, com o efeito estufa, a temperatura na superfície de Vênus é cerca de 470 °C [6].

O efeito estufa ocorre devido a uma fina camada de gás acima da crosta terrestre na atmosfera. Apesar de muito fina, ela possibilita que a temperatura do nosso planeta seja adequada à vida. O seu mecanismo é, resumidamente, o seguinte: a atmosfera é transparente à luz solar. A Terra, ao absorver a radiação solar, se aquece e emite radiação na faixa do infravermelho. Devido aos gases estufa, a atmosfera reflete a radiação infravermelha, controlando assim a temperatura terrestre.

Sendo o gás carbônico um gás estufa, o aumento da sua concentração na atmosfera terrestre aumenta o efeito estufa, causando um aquecimento além do necessário. Então, para que nosso planeta continue a ser habitável pela nossa espécie, devemos urgentemente diminuir as emissões de gás carbônico na atmosfera.

Para tanto, em 1997 a maioria dos países do mundo ratificou o protocolo de Kyoto. Neste, os países se comprometeram a diminuir as emissões de gás carbônico. Além disto, os países desenvolvidos deveriam compensar financeiramente os países em desenvolvimento que diminuíssem suas emissões. As iniciativas, que comprovadamente diminuíssem as emissões de gás carbônico, seriam transformadas em créditos de carbono (CC). Estes créditos poderiam ser vendidos às empresas dos países desenvolvidos para “compensar” as suas emissões excessivas.

Cada habitante da Terra consome cerca de 4,64 barris de petróleo ao ano, segundo dados de 2001 [7]. Então, a contribuição individual de cada um de nós, em um ano, seria a quantidade de gás carbônico liberada durante a queima destes barris.

Um outro agravante - especialmente na região Sul do país - é que a energia elétrica gerada nesta região é principalmente a partir de termelétricas. Este tipo de usina utiliza como fonte de energia primária aquela liberada pela queima do carvão, liberando gás carbônico na atmosfera.

Então todos nós somos um pouco responsáveis pelo aquecimento global e devemos procurar maneiras para minimizar até mesmo o consumo individual de combustíveis fósseis. Este cenário impõe que nós, professores, tomemos uma atitude quanto a este relevante tema.

A temática ambiental abordada no âmbito do ensino de física tem sido sugerida por pesquisadores nesta área buscando contemplar atuais propostas curriculares [8].

Um projeto interdisciplinar sobre questões ambientais, que conscientizem sobre a preservação dos recur-

sos naturais utilizados pelo homem, foi proposto em reunião de planejamento escolar para o ano de 2007, na Escola de Educação Básica João Dagostim, uma escola pública estadual da cidade de Criciúma, SC.

O relato a seguir mostra como um conjunto de professores pode envolver uma comunidade visando à diminuição da contribuição dessa comunidade para o aquecimento global. Neste projeto utilizamos um aquecedor solar de água caseiro que provoca uma diminuição do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, da quantidade de gás carbônico emitido na atmosfera. O aquecedor foi projetado por José Alcino Alano, residente na cidade de Tubarão, SC. Este equipamento foi patenteado com a intenção de que não fosse explorado por empresas visando lucro, e seu projeto é de domínio público. Foi o vencedor do Prêmio Super Ecologia 2004, categoria ONG.

2. O projeto interdisciplinar

Projetos interdisciplinares têm sido uma estratégia adotada para atender as expectativas dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que visam uma relação social da escola de maneira geral [9]. Na literatura podem-se encontrar alguns relatos bem sucedidos [10].

Dentre os objetivos do projeto interdisciplinar que desenvolvemos na mencionada escola, o primeiro diz respeito à conscientização dos alunos quanto a problemática do aquecimento global e suas conseqüências. Para atingir esta meta utilizamos o que Ausubel chama de organizador prévio [11]. Para desempenhar este papel foi escolhido o documentário feito pelo ex-vice-presidente dos EUA, Al Gore - que participava de conferências sobre aquecimento global com Carl Sagan já no final da década de 1980 - intitulado *Uma Verdade Inconveniente* [12]. No final do documentário ele sugere algumas atitudes que cada um pode tomar para contribuir para a diminuição do aquecimento global. Dentre elas: “economize energia e recicle”. Nosso projeto atende estas sugestões.

Após o organizador prévio, a intenção foi conscientizar os alunos que cada um de nós tem sua parcela de responsabilidade pelo aquecimento global, devido às emissões de gás carbônico, como no uso de petróleo em nossos transportes, roupas e qualquer derivado de petróleo. Ao usar energia elétrica, gerada a partir da queima do carvão em nossas termelétricas, simplesmente ligando a luz, tomando um banho demorado ou usando torneira elétrica, estamos contribuindo para o aquecimento global.

Como a região de Criciúma é abastecida por usina termelétrica, uma forma de contribuir para a diminuição da emissão de gás carbônico na atmosfera é através da diminuição do consumo de energia elétrica. Uma alternativa é usar a energia mais limpa que nos é disponível, a solar.

Depois do processo de conhecimento do problema

ambiental e da conscientização da responsabilidade de cada indivíduo, o próximo objetivo é o convencimento da necessidade de reciclar o lixo que produzimos.

Nossa sociedade tem diversos confortos, como embalagens PET e do tipo longa vida, as quais são descartadas após seus usos. Então, foi-lhes mostrado que este “lixo” pode ser usado para um bem comum, como a construção de aquecedores solares de água. Isso nos beneficiaria de duas maneiras. A primeira deixando de jogar na natureza materiais que demoram anos para se decomporem, como o plástico e o alumínio das embalagens longa vida. No processo de decomposição, o plástico leva mais de 500 anos; o alumínio, presente nas caixas longa vida, leva entre 100 e 500 anos; o papelão, cerca de um ano [13]. A segunda, porque estaríamos economizando energia elétrica e, assim, diminuindo a queima de carvão nas nossas termelétricas, deixando de jogar toneladas de gás carbônico na atmosfera.

É conhecida a invenção de um aquecedor solar caseiro que utiliza garrafas do tipo PET e embalagens de leite longa vida para a construção de células solares para aquecimento da água [14]. Esta invenção pode ser aplicada para aquecer a água utilizada em chuveiros e torneiras elétricas, os quais estão entre os maiores consumidores de energia elétrica em nossas residências. O aquecedor será apresentado na próxima seção e seu manual está disponível na internet [15].

A execução do projeto envolveu a participação direta dos alunos e seus familiares. Para convencer a maioria dos pais foi necessário mostrar-lhes que, além do fato dos aquecedores solares serem feitos com material que viraria lixo, haveria uma compensação financeira na diminuição da conta de luz.

A primeira etapa de execução do projeto foi a coleta do lixo produzido pelos próprios alunos e familiares. Foram dadas instruções sobre a forma de armazenamento das garrafas PET e das embalagens longa-vida.

A construção dos painéis solares se deu por etapas, todas feitas pelos próprios alunos.

A primeira etapa da construção foi o corte das embalagens longa vida e sua pintura. Esta etapa ocorreu durante as aulas do ensino médio que, na escola em questão, existem apenas no período noturno. Na segunda etapa, fez-se o corte das garrafas PET e a pintura dos canos. Por fim, realizou-se a montagem do painel, o qual ficou exposto na escola para que toda comunidade pudesse ver seu funcionamento, na expectativa de que mais pessoas incorporassem a sugestão do uso do aquecedor solar em suas residências.

A Fig. 1 mostra o painel pronto. As caixas de leite, cujas superfícies externas foram pintadas de preto, são protegidas pelas embalagens PET transparentes. Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada no manual do equipamento [15]. A tubulação de água passa por dentro das embalagens, mas sem que a água toque nestas. Apenas os canos tocam nas embalagens recicladas.



Figura 1 - Aquecedor solar.

3. O aquecedor solar

O painel é ligado a uma caixa d'água simples, que deve estar em um nível acima do nível do painel, como mostra a Fig. 2. Observe que o painel solar deve apresentar certa inclinação em relação ao plano horizontal e ter duas ligações com a caixa: uma inferior para coleta de água fria e uma superior para o retorno da água já aquecida.



Figura 2 - Aquecedor ligado à caixa.

O funcionamento é simples. Quando a radiação solar incide na superfície negra das embalagens longa-vida, estas absorvem a energia solar transferindo-a para a água que está dentro da tubulação. O fato de o alumínio refletir a radiação infravermelha permite que a energia solar não seja perdida dentro das embalagens longa vida e que grande parte da energia solar seja transformada em energia térmica, aquecendo a água.

A água fria da caixa, que está ligada na tubulação pela parte baixa do painel, quando aquecida, sobe por convecção.

Na caixa existe a separação da água quente da fria também por convecção, sem separação física; pois a

água quente - menos densa - sobe, ao passo que a fria - mais densa - desce. Esta separação da água na caixa permite que a mesma tenha duas saídas para o chuveiro, com uma torneira para água aquecida e outra para água fria, o que permite controlar a temperatura da água do banho.

A Fig. 3 mostra o esquema hidráulico entre o painel, a caixa d'água e o chuveiro.

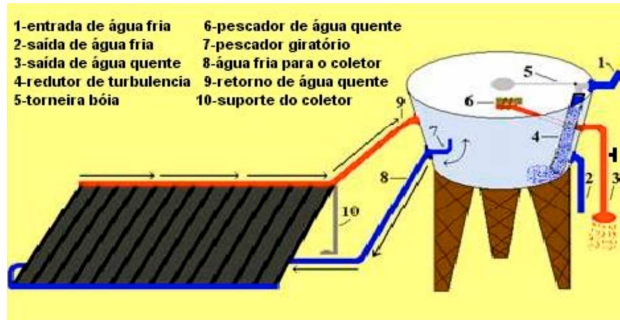


Figura 3 - Esquema hidráulico caixa-painel-chuveiro.

É necessária uma pequena alteração no encanamento das residências para poder controlar a temperatura da água vinda da caixa. A nova configuração do encanamento da casa está representada na Fig. 4.

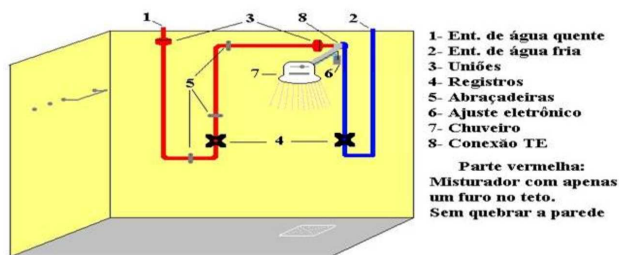


Figura 4 - Encanamento necessário para controlar a temperatura da água do banho.

4. Explorando o projeto nas aulas de física

Cada professor explorou o projeto interdisciplinar da maneira que julgou mais adequada. Na disciplina de Artes foi realizado um trabalho de publicidade alertando para a gravidade do aquecimento global. Na disciplina de Química tratou-se das questões relacionadas às reações que ocorrem na atmosfera, enquanto que na disciplina de Geografia estudou-se a própria atmosfera e os ciclos glaciais. Segue um relato mais detalhado da exploração do projeto com ênfase na disciplina de Física no segundo ano do ensino médio. Esta série inicia tradicionalmente com o estudo da física térmica.

A exploração do projeto se deu através de técnicas do tipo desafio. Antes do início dos desafios, conceitos como calor, temperatura, condução, convecção e radiação já haviam sido apresentados formalmente aos alunos.

Durante a construção de cada uma das etapas do painel, os alunos eram desafiados a explicar aos demais alunos (1º e 3º anos) e professores de outras matérias sobre o porquê de cada uma destas etapas.

Assim, a primeira explicação a ser dada era porque usar caixas do tipo longa-vida ao invés de papelão comum. Questões fisicamente relevantes como o da transmissão de energia do Sol para a Terra, apesar da densidade de gás e poeira no espaço ser tão pequena [4], mereceram a atenção dos alunos.

Na etapa de pintura das caixas com cor preta, os alunos deveriam explicar o motivo da cor escolhida. Eles deveriam explicar que a energia térmica do Sol chega até nós por radiação. Neste processo, em superfícies claras, a maior parte da radiação é refletida - caso as caixas fossem pintadas de branco. A cor das caixas deve ser preta, pois esta é a mais eficiente para absorção do calor. Este calor será transferido para a água, aquecendo-a.

A separação entre a água quente e a fria na caixa, sem uma divisão física, foi outro ponto que os alunos tiveram de esclarecer aos seus colegas e professores. A explicação dada pelos alunos é baseada no processo de convecção do calor. Neste processo, por ser menos densa, a parte mais quente do fluido sobe, permanecendo na parte superior da caixa, ao passo que a parte mais fria desce, devido a sua maior densidade, ficando localizada na parte inferior da caixa.

O fato da água subir pelo painel, apesar da inexistência de um motor empurrando-a, foi um desafio que os alunos do 2º ano tiveram o prazer de esclarecer para muitos estudantes e professores.

Chamar atenção para a relação entre economia de energia elétrica e diminuição da nossa contribuição para o aquecimento global, como relatado na introdução, fez parte das tarefas atribuídas aos alunos do 2º ano. O objetivo principal foi a necessidade de conscientizar o maior número possível de pessoas, além dos colegas, professores para o problema. Outro objetivo foi divulgar a importância da instalação deste coletor solar em no maior número de residências. Convencer as pessoas sobre as vantagens da instalação desse tipo de coletor solar também foi uma das tarefas dos alunos.

5. Extrapolando o projeto

Como estamos deixando de liberar gás carbônico na atmosfera através da instalação e utilização desse aquecedor solar, poderíamos, segundo o protocolo de Kyoto, vender créditos de carbono (CC) às empresas de países desenvolvidos. Essa seria uma possibilidade de ampliar ainda mais o projeto, utilizando os recursos obtidos para financiar novos projetos ecológicos. Esta idéia gerou grande controvérsia entre os professores que participaram do projeto e sua aplicação não foi implementada. A maioria dos professores ficou convencida a não vender os CC com base no argumento de que não valia a

pena diminuir nossa contribuição para que países ricos pudessem poluir ainda mais.

6. Conclusões

Obviamente, a realização deste projeto interdisciplinar reduziu muito pouco a quantidade total de emissões de gás carbônico na atmosfera. Porém, a intenção deste artigo foi a ampla divulgação do trabalho realizado. Se outras instituições reproduzirem este projeto, a quantidade de carbono emitida poderá ser razoavelmente diminuída. Ademais, a instalação de aquecedores dessa natureza pode trazer benefícios para a higiene, saúde e conforto de comunidades de menor poder aquisitivo.

Por sua vez, o ganho pedagógico é enorme. Temos a grande responsabilidade de formar cidadãos, que num futuro próximo deverão tomar decisões econômicas e políticas, inclusive a de escolher os futuros líderes do país. Destas decisões depende o futuro de nossa espécie sobre este planeta, tanto melhor que se conheça bem o problema do aquecimento global.

Quanto ao ganho no ensino de física, também é enorme. Nós, professores de física, sempre somos indagados sobre a necessidade de nossos alunos aprenderem física. A construção e o funcionamento do aquecedor solar caseiro aliados à discussão dos conceitos científicos são um exemplo da aplicação da física, que extrapola a sala de aula e a própria escola. Outrossim, atividades desta natureza despertam o interesse dos alunos pela física.

Formar cidadãos com consciência ecológica, no entanto, foi o maior mérito que, acreditamos, este projeto alcançou.

Para encerrar, vamos reproduzir um provérbio que Carl Sagan credita aos índios nativos norte-americanos e que foi extensamente repetido durante a execução do projeto: “Não recebemos a Terra de nossos ancestrais, a tomamos emprestada de nossos filhos” [1].

Agradecimentos

Agradecemos em nome de todos os professores da Escola de Educação Básica João Dagostim, ao Sr. José Alano por disponibilizar sua invenção simples, original

e eficiente e, também, por ceder as Figs. 3 e 4. Aos comerciantes do bairro Quarta Linha de Criciúma por nos fornecer, gratuitamente, os materiais necessários para a construção do projeto, nosso muito obrigado.

Referências

- [1] C. Sagan, *Bilhões e Bilhões: Reflexões Sobre a Vida e Morte na Virada do Milênio* (Companhia das Letras, São Paulo, 1998).
- [2] C. Fraenkel, *Discutindo Ciência* **8**, 34 (2007).
- [3] Disponível em <http://www.ufrgs.br/antartica/nov-pesq-br.html#aquecimento>. Acesso em junho de 2007.
- [4] K. de Oliveira e M.F.O. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004).
- [5] Disponível em <http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm#0queEh>. Acesso em maio de 2007.
- [6] Disponível em <http://www.if.ufrj.br/teaching/astron/venus.html>. Acesso em junho de 2007.
- [7] Disponível em http://www.dep.fem.unicamp.br/boletim/BE27/jul_31_8.html. Acesso em junho de 2007.
- [8] L.F. Silva e L.M. de Carvalho, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 342 (2002).
- [9] Brasil, Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais* (MEC/SEF, Brasília, 1997).
- [10] C. Weigert, A. Villani e D. de Freitas, *Ciência & Educação* **11**, 145 (2005).
- [11] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa* (Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1999).
- [12] A. Gore, *Uma Verdade Inconveniente*, 1 DVD. (Paramount Classic, 2006).
- [13] Disponível em http://www.fec.unicamp.br/~crsfec/tempo_degrada.html. Acesso em maio de 2007.
- [14] A. Trigueiro, *Cidades & Soluções*, in: GloboNews, exibido originalmente em 15 de outubro de 2006.
- [15] Disponível em <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/solar.pdf>. Acesso em fevereiro de 2007.