

Levitação eletrodinâmica: o ensino de física, baseado no enfoque CTS, na discussão para melhoria da qualidade do nosso ar

Introdução

Em 1950, a população mundial era de 2,5 bilhões, em 2000 cresceu para 6 bilhões e estima-se que em 2030 o número de habitantes do planeta chegue a 8 bilhões. Estes números, que impressionam, significam uma demanda cada vez maior por transporte, seja para movimentar bens ou pessoas. Evidentemente que esta atividade irá gerar uma série de impactos no meio ambiente [1].

De acordo com o capítulo 7 da Agenda 21 nacional,¹ o transporte responde por cerca de 30% do consumo comercial de energia e por cerca de 60% do consumo total mundial de combustíveis líquidos. No Brasil, a rápida motorização e a insuficiência de investimentos em planejamento de transporte, manejo e infra-estrutura do tráfego estão criando

problemas cada vez mais graves, causando acidentes, ruído, congestionamento e poluição atmosférica. Esta poluição provoca danos à fauna, flora e biosfera, prejuízos à saúde, e perda de produtividade, semelhante a países desenvolvidos [1-3].

Assim fica a questão: Será que o cidadão possui a formação suficiente e necessária para avaliar as “soluções” propostas pelos governantes, tal como construção de novos viadutos, túneis, implementação de sistemas de integração, a inserção de novas tecnolo-

gias; e avaliar se estas medidas irão de fato solucionar a questão da degradação ambiental, ou apenas irão suavizá-las?

O trabalho proposto é motivado e se desenvolve a partir do surgimento de novas tecnologias para os meios de transportes, em especial o transporte de massa, que possui o objetivo da não poluição ou sua mitigação. Desta forma, relaciona a questão da poluição atmosférica pela emissão de gases dos veículos automotores e avaliam-se quais os meios de transporte mais inteligentes, quando se objetiva preservar a atmosfera. Também visa compreender as novas tecnologias e terminologias que surgem geralmente

Será que o cidadão possui a formação suficiente e necessária para avaliar as “soluções” propostas pelos governantes e avaliar se estas medidas irão de fato solucionar a questão da degradação ambiental, ou apenas irão suavizá-las?

acompanhadas das inovações tecnológicas, como por exemplo, o trem MAGLEV (*magnetic levitation*). Para esta compreensão, serão abordados conteúdos de eletromagnetismo para o ensino médio com a

utilização de um protótipo experimental para a levitação eletrodinâmica [4].

Optou-se por um assunto específico do campo do eletromagnetismo e do meio ambiente sem, no entanto, esgotar os conteúdos de física ou meio ambiente. Será proposta uma das possibilidades de abordagem para tais conteúdos.

Com a utilização do protótipo experimental será possível direcionar o debate de maneira a relacionar as características dos atuais trens para

.....
Anderson Gomes de Paula

E-mail: prof.agp@gmail.com

Deise Miranda Vianna

E-mail: deisemv@if.ufrj.br

Instituto de Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, RJ, Brasil

.....

Este artigo aborda parte do conteúdo do magnetismo para o ensino médio com ênfase em ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Em particular será tratado o fenômeno da levitação eletrodinâmica que fundamentado na indução magnética fornecerá suporte científico necessário para a compreensão de tecnologias correlatas. A motivação desta proposta é a poluição do ar causada pela utilização de algumas tecnologias, como, por exemplo, os motores a explosão utilizados nos meios de transporte. Com a orientação do professor de física, propõe-se que os alunos correlacionem as várias causas da poluição do ar, com ênfase nas originadas pelos meios de transporte, possibilitando a discussão sobre a tecnologia de trens de levitação.

o transporte de massa, e os trens de levitação. Será possível ainda abordar conceitos de física tais como interação a distância, campo magnético, corrente de Foucault, lei de Faraday, lei de Lenz, ação e reação e energia, entre outros.

Ainda que abordando apenas um pequeno tópico no ensino médio, pretende-se que o aluno possa compreender tecnologias correlatas e avaliar questões que o afetem diretamente, tal como as ambientais. Em resumo, o projeto busca, identificando com os princípios do enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade - CTS, trazer para as aulas de física, discussões que favoreçam o desenvolvimento de uma alfabetização científica, tecnológica e social mínima, que ajude o aluno a se desenvolver e criar condições efetivas para que ele possa participar como cidadão crítico, e não como mero espectador, de discussões sobre assuntos ligados aos setores de transporte e meio ambiente.

Os problemas ambientais e o ensino de física

Este projeto não só envolve o estudo de diversos conceitos físicos, como promove a associação destes conceitos com o cotidiano, e com a problemática econômica e ambiental de forma contextualizada, uma vez que permite discutir conteúdos científicos e tecnológicos associados a questões como combustíveis alternativos menos poluentes que os combustíveis fósseis, ou ainda alternativas de otimização dos meios de transporte. Desta maneira os custos ambientais poderiam ser avaliados e incorporados no planejamento do setor de transportes, penalizando aqueles modos ou interferências mais agressivas ao meio ambiente [1, 3, 4].

A relação entre educação e cidadania, encontrada nos documentos oficiais e nas pesquisas didáticas, determina a influência no ideário pedagógico e deve estar presente na prática pedagógica de nossos professores.

Para Menezes [5], a partir da Lei de Diretrizes e Bases de 1996 - LDB/1996 [6], houve uma definição legal para um novo ensino médio. Este novo ensino deve desenvolver competências e habilidades para a cidadania, para a continuidade do aprendizado e do trabalho sem pretender-se profissionalizar ou simplesmente preparar para o ensino superior.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM [7], principal referência curricular no território brasileiro, incorporam essa tendência. No documento, está explicitado que as transformações que ocorrem no Brasil, em função da consolidação do regime democrático, a inserção de novas tecnologias e demais mudanças que impactam o cenário contemporâneo "exigem que a escola possibilite aos alunos integrar-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho".

Segundo Ricardo [8], a LDB/1996 aponta para a necessidade de uma reforma em todos os níveis educacionais, que se inspira, em parte, nas visíveis transformações por que passa a sociedade contemporânea. No entanto Kawamura e Hosoume [9] alertam que a implementação das novas diretrizes que estão sendo propostas, ou seja, sua tradução em práticas escolares concretas não ocorrerá por decreto, nem ocorrerá de forma direta.

Desta forma a implementação destas diretrizes depende do trabalho de incontáveis professores.

Nesse sentido, os PCNEM procuram oferecer subsídios para os professores implementarem as reformas pretendidas. Estes são divididos por área de conhecimento a fim de facilitar, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio [10], um trabalho interdisciplinar [8].

A LDB/1996 aponta para a necessidade de uma reforma em todos os níveis educacionais, que se inspira, em parte, nas visíveis transformações por que passa a sociedade contemporânea

Temos ainda nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais de 2002 - PCN+ [4], material dirigido aos professores, em que se busca aprofundar, através de exemplos e estratégias de trabalho, a proposta inicial que foi apresentada nos PCNEM.

Considerando o enfoque CTS, o ensino de física pode estar relacionado a

um dos aspectos do cotidiano do aluno, por exemplo, a poluição do ar, que, a seguir, destacamos algumas questões relacionadas.

A poluição do ar no perímetro urbano das grandes cidades é resultado, principalmente, da queima de combustíveis fósseis como, por exemplo, carvão mineral e derivados do petróleo (gasolina e diesel). A queima destes produtos tem lançado uma grande quantidade de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera. Tais combustíveis são responsáveis pela geração de energia que alimenta os setores industriais, elétricos e de transportes, de grande parte das economias do mundo [3, 11, 12].

Para diminuir este problema, temos como exemplo a cidade de São Paulo, que

Em 1996, a restrição à circulação de veículos foi estabelecida por lei, vigorando sempre nos períodos considerados necessários pela SMA e CETESB. O rodízio de circulação de veículos, que vigorou de maio a setembro de 1998, evitou o lançamento de 55 toneladas de CO na atmosfera [11].

A poluição também tem prejudicado os ecossistemas e o patrimônio histórico e cultural em geral. Fruto desta poluição, a chuva ácida mata plantas, animais e vai corroendo, com o tempo, monumentos históricos. Exemplo disto está a Acrópole de Atenas que teve de passar por um processo de restauração, pois a milenar construção estava sofrendo com a poluição da capital grega.

O clima também é afetado pela

poluição do ar, a intensificação do efeito estufa está aumentando a temperatura em nosso planeta. Isto ocorre por que os gases poluentes formam uma camada de poluição na atmosfera, bloqueando a dissipação do calor. Desta forma, o calor fica concentrado na atmosfera, provocando mudanças climáticas [1].

Em vista disto, fica evidente que para preservar o meio ambiente, saber avaliar os impactos de novas tecnologias é fundamental.

Apresentação da proposta de trabalho didático

Os conteúdos de física e meio ambiente, ao serem correlacionados através do uso da tecnologia dos meios de transporte e orientados pelo professor de física, fornecerão ao aluno acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente e essencial para sua cultura, tornando seu desenvolvimento intelectual crítico, reflexivo e questionador, de maneira que ele poderá exercer plenamente sua cidadania [4].

Cabe ainda alertarmos que alguns conceitos de física e questões ambientais, citados ao longo do trabalho, serão considerados já compreendidos pelos educandos em etapas anteriores do curso de ensino médio. Caso contrário, dever-se-ia elaborar um trabalho que abrangeria grande parte do eletromagnetismo, da química, biologia e geografia. Sempre que tais considerações se fizerem necessárias, as indicaremos por um asterisco.

Faz-se necessário que o professor possua conhecimento e entendimento dos principais prejuízos ocasionados pela poluição do ar, tais como o buraco na camada de ozônio, o aumento do efeito estufa, a chuva ácida, inversão térmica, algumas alergias, doenças respiratórias e ainda tome conhecimento de assuntos polêmicos, por exemplo o aquecimento global. Estes fenômenos podem ser encon-

trados em sítios da internet e livros. Acreditamos que o professor de física possa compreendê-los tanto quanto

o necessite para o desenvolvimento deste trabalho e quando não, possa solicitar a inferência ou cooperação do profissional adequado.

O trabalho será apresentado em unidades didáticas, assim como a parte experimental do projeto.

Para um desenvolvimento adequado desta proposta, é necessário que o professor possua conhecimento e entendimento dos principais prejuízos ocasionados pela poluição do ar, como o buraco na camada de ozônio, o aumento do efeito estufa, a chuva ácida, inversão térmica, algumas alergias e doenças respiratórias

Unidade 1: a questão ambiental

1 - Em princípio o professor deverá questionar os alunos sobre quais problemas são mais comuns em grandes cidades, São Paulo e Rio de Janeiro por exemplo, advindos da poluição do ar. Evidentemente haverá vários, tais como chuva ácida, efeito estufa, inversão térmica, problemas respiratórios e de alergia. Caso contrário, o professor poderá optar por citar os principais, como efeito estufa e inversão térmica e explicá-los.

2 - O professor deverá selecionar alguns, por exemplo, o efeito estufa, e pedir que os alunos expliquem tais fenômenos. O professor pode intervir, se necessário, para orientar as idéias, validando-as ou não.

3 - Após as discussões anteriores procure indicar as fontes responsáveis pelos efeitos da poluição do ar.

4 - Evidentemente a emissão de gases estará em pauta. Este momento é oportuno para se questionar: Quais são os principais responsáveis pela emissão destes gases?

5 - Identificados as indústrias e os veículos como os principais responsáveis pela emissão dos poluentes, surge a questão: É possível extinguir

ou suavizar a emissão destes gases?
6 - Que medidas seriam necessárias? Citar exemplos de medidas que

Os conteúdos de física e meio ambiente, ao serem correlacionados através do uso da tecnologia dos meios de transporte e orientados pelo professor de física, fornecerão ao aluno acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente e essencial para sua cultura

são tomadas em relação à indústria. E quais medidas são tomadas em relação aos veículos?

7 - Enfatizando a poluição veicular, quais os meios de transporte menos poluentes? Quais as vantagens e desvantagens de cada um deles?

Entre os meios de transporte que devem ser citados, o trem deverá receber uma abordagem especial pelo professor, caso os alunos não o evidenciem como um dos mais vantajosos meios de transporte de massa. Esta especial atenção aos trens se deve ao fato de que uma nova tecnologia vem sendo implementada neste meio de transporte e poucas pessoas têm conhecimento para se referir a ela ou fornecer algum esclarecimento sobre a mesma. Segundo Ostermann e Pureur [13], uma das mais charmosas aplicações da supercondutividade são os veículos levitados magneticamente, em que se pode citar o MAGLEV - um trem de levitação que opera experimentalmente no Japão.

8 - Os trens seriam uma boa opção para diminuir a emissão de gases? Existem novas tecnologias para este meio de transporte? Quais?

9 - O que são trens de levitação?

Unidade 2: a indução eletromagnética

10 - Neste momento o professor apresentará o protótipo experimental aos alunos, conforme descrito no item seguinte, e pedirá para que eles identifiquem o que compõe o protótipo. Somente após a identificação dos elementos constituintes, o professor ligará o mesmo.

11 - Chamando a atenção dos alunos para que inicialmente o conjunto ímã-forma permanece em contato, e que, após a forma adquirir movimento, o ímã levita, e é possível formular a seguinte questão: Por que o ímã levita?

A partir deste momento o professor poderá discutir e esclarecer o fenômeno básico da levitação magnética empregada no chamado MAGLEV, se

fundamentando na *repulsão magnética por dois ímãs**. Cabe ainda trabalhar os conceitos de *interação a distância** e *linhas de campo magnético**. Após a recordação destes conceitos, deve-se propor aos alunos se é possível relacionar tais conceitos com o fenômeno da levitação eletrodinâmica. Após as discussões anteriores, pode-se trabalhar com as seguintes questões:

12 - Qual a natureza destas forças?

13 - A força exercida sobre o ímã é igual à força exercida na forma?

14 - Por que não há levitação quando não há movimento?

15 - O que deixa de existir na interação do ímã com a forma?

O aparato experimental

O protótipo experimental é simples, de baixo custo, de fácil montagem e traslado. Ele permite ao aluno a interação direta, familiarizando-o com os vários componentes constituintes do experimento. Este é um aspecto de grande importância, pois ao identificar os elementos do aparato, o aluno terá um ponto de partida para as proposições posteriores ao fenômeno de levitação, que se verificará após o funcionamento do experimento.

Ele é constituído de uma forma de alumínio (forma de bolo), parafusos, ímã, fios de nylon, uma caixa de madeira e um motor de máquina de costura. A representação abaixo (Fig. 1) indica os componentes deste protótipo.

O ímã fixado pelos fios permite, por exemplo, que o aluno o mova para cima e para baixo, possibilitando a per-

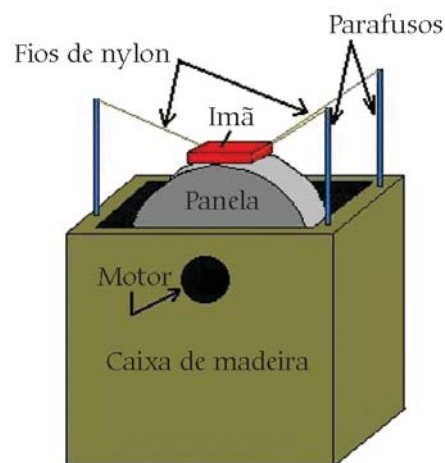


Figura 1. Esquema do aparato.



Figura 2. Vista do aparato desligado.

cepção de uma força de repulsão. Pode-se ainda desligar e ligar o motor e observar se ocorre alguma mudança.

O experimento real é apresentado abaixo, em seqüência, isto é, inicialmente o aparelho está desligado (Fig. 2). Observe que o ímã está totalmente apoiado na forma de alumínio.

Ao se iniciar o movimento da forma, o ímã começa a ser repellido (Fig. 3). Esta repulsão é gradual e tende a aumentar à medida que a forma vai adquirindo maior velocidade.

Na Fig. 4, a forma alcançou sua velocidade máxima e por conseguinte o ímã sofre a repulsão máxima.

Além do caráter ilustrativo do experimento, ele possui também um caráter interativo, pois o aluno pode

tocar no ímã e perceber a força de repulsão, além de movê-lo verticalmente e verificar se ocorre alguma mudança.

Este aparato experimental proporciona a visualização da levitação eletrodinâmica. Esta ocorre devido ao movimento relativo de ímãs nas proximidades de placas metálicas condutoras de materiais não ferromagnéticos, por exemplo, o cobre e o alumínio, que faz surgir correntes induzidas ou correntes de Foucault. Estas correntes induzidas geram um campo magnético que se opõe à variação do fluxo de campo magnético que as induziu, que neste caso é proveniente dos ímãs (Fig. 5). Devido a esta interação surge uma força resultante sobre o ímã. Uma das componentes



Figura 3. Experimento em funcionamento.

desta força repulsiva é responsável pela levitação do ímã, a outra componente é contrária ao movimento da forma de alumínio, conforme apresenta a Fig. 6.



Figura 4. Repulsão máxima.

A compreensão deste fenômeno é dada a partir das leis de Lenz e de Faraday. A primeira justifica o surgimento de um campo magnético oposto ao campo magnético do ímã, e a segunda

o surgimento da indução que gera forças eletromotrices circulares na superfície da forma metálica.

Conclusão

Nosso projeto possui como objetivo central possibilitar ao professor, de acordo com a LDB/96 e orientações dos PCN's e PCN+, uma abordagem para trabalhar com conteúdos do eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas no dia a dia, preferencialmente com alunos da terceira série do ensino médio. Procuramos dar ênfase às questões fenomenológicas, experimentais e reflexivas que se entrelaçam com as novas tecnologias, a ciência e o meio ambiente, sem nos preocuparmos com o rigor matemático.

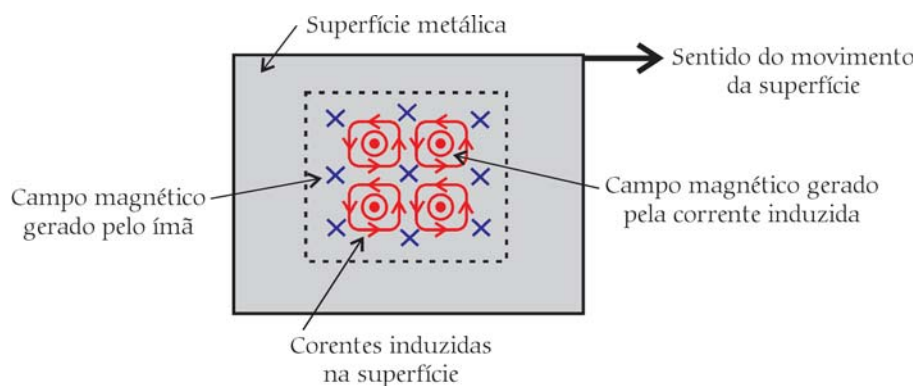


Figura 5. Campos e correntes durante a repulsão máxima.

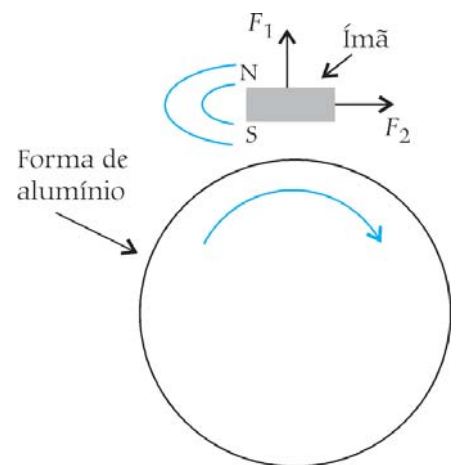


Figura 6. Forças no ímã durante a repulsão máxima

Bibliografia

- [1] S.K. Ribeiro, A.M. Araújo, F. Scatolini, M.T. Fernandes e N.R. Reis Filho, *Transporte mais Limpo* (Editora da COPPE, Rio de Janeiro, 2003), 208 p.
- [2] Brasil, Ministério das relações exteriores. Agenda 21. disponível em: <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/relext/mre/agintern/meioamb/index.htm> Acesso em 8/7/2005.
- [3] R.A. Dias e J.A.P. Balestieri, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **23**, 7 (2006).
- [4] Brasil, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (2002). Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 1/7/2005.
- [5] L.C de Menezes, Física na Escola **1**(1), 5 (2000).
- [6] Brasil, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. Lei de Diretrizes e Bases do Ensino Médio (1996). Disponível em <http://www.mec.gov.br/seb/pdf/LDB.pdf>. Acesso em 1/7/2005.
- [7] Brasil, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1998). Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=265&Itemid=255>. Acesso em 1/7/2005.
- [8] E.C. Ricardo, Física na Escola **4**(1), 8 (2003).
- [9] M.R.D. Kawamura e Y. Hosoume, Física na Escola **4**(2), 22 (2003).
- [10] Brasil, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares nacionais para o Ensino Médio (1998). Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/PCB1598.pdf>. Acesso em 1/7/2005.
- [11] P.R. Russo, *A Distribuição das Concentrações de Partículas em Suspensão na Atmosfera da Porção Centro-Oriental do Município do Rio de Janeiro: Considerações Preliminares sobre a Correlação entre Saúde Pública e Poluição do Ar*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002, p. 27-55.
- [12] P.N. Neto, *Efeito Estufa*. Disponível em http://www.sua_pesquisa.com/efeitoestufa/ Acesso em 8/7/2005.
- [13] F. Ostermann e P. Pureur, *Supercondutividade: Temas Atuais de Física* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2005), 78 p.

Nota

¹“Agenda 21” é um programa de ação para viabilizar a adoção do desenvolvimento sustentável e ambientalmente racional em todos os países. As indicações deste documento podem ser encontradas nos sítios indicados na Ref. [2].