

CONSTRUINDO UMA PÁGINA NA INTERNET SOBRE SUPERCONDUTIVIDADE NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE FUNDAMENTOS DA EPISTEMOLOGIA CONTEMPORÂNEA

Carla Beatriz Spohr^a (carlaspohr@gmail.com)

Dr.^a. Fernanda Ostermann^b (fernanda.ostermann@ufrgs.br)

Dr. Paulo Pureur^c (ppureur@if.ufrgs.br)

Dr. Cláudio José de Holanda Cavalcanti (cjhc@if.ufrgs.br)

^aCFJL - Colégio Frederico Jorge Logemann e FAHOR – Faculdade Horizontina (Horizontina - RS)

^bUFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre-RS)

^cUFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre-RS)

^dUFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre– RS)

RESUMO

PALAVRAS CHAVES: supercondutividade, epistemologia, atualização curricular.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Natureza do problema

A pobreza e semelhança dos currículos de Física nas escolas brasileiras estão refletidas na divisão em blocos tradicionais: mecânica, Física térmica, ondas, óptica e eletromagnetismo que seguem, basicamente, a seqüência dos capítulos nos livros didáticos. Na prática, é comum que a Física se reduza apenas à cinemática (muitas vezes, quase toda a 1ª série do ensino médio é dedicada a ela), leis de Newton, termologia, óptica geométrica, eletricidade e circuitos simples. Dessa forma, toda a Física desenvolvida do século XX em diante está excluída. Entretanto, são muitas as vozes em favor de uma atualização curricular em Física no ensino médio brasileiro, através da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nesse currículo.

O núcleo central do projeto consiste em testar em sala de aula a introdução de um tema de Física Moderna e Contemporânea (FMC), verificando, na prática, seus sucessos e fracassos. A própria legislação

brasileira (LDB) prevê uma renovação curricular, buscando no conhecimento científico recente, subsídios para o aluno entender o mundo criado pelo homem atual.

O desenvolvimento do projeto encontra-se na fase inicial que prevê a elaboração de uma página com recursos de hipermídia sobre supercondutividade que servirá de material de apoio para a inserção do tema em turmas do terceiro ano de Física. São abordados os aspectos históricos da descoberta do fenômeno da supercondutividade, os Prêmios Nobel relacionados à supercondutividade, a teoria da supercondutividade para professores aprofundar seus estudos e para que o mesmo possa trabalhar sobre o tema com alunos de terceiro ano de ensino médio. Cabe assinalar que, no desenvolvimento do projeto, enfatizamos a principal convergência entre a epistemologia de Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan: a oposição ao empirismo-indutivismo. A apresentação dessa página é o objetivo central do presente trabalho, considerando que as outras etapas do projeto, que incluem experiência em sala de aula, ainda estão em andamento.

Em vários países desenvolvidos, já foi superada a etapa de “levantamento de justificativas” para a inserção de FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos e já há algum tempo, vários materiais didático-pedagógicos vêm sendo desenvolvidos sob este enfoque. No Brasil, este movimento intensificou-se a partir da década de noventa. No entanto, ainda é reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização (Ostermann e Moreira, 2000). É preciso elaborar materiais de uma maneira mais crítica e com maior comprometimento com a melhoria do ensino médio. É preciso também investir na possibilidade de introduzir tópicos de FMC nesse nível de ensino, verificando resultados da aprendizagem em condições reais de sala de aula, a partir da utilização de materiais didáticos especialmente preparados.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996¹, coloca, por exemplo, como um objetivo para o ensino médio: o destaque à educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, o domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna. Particularmente, quanto à área de “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” na qual se insere a disciplina de Física, os parâmetros curriculares nacionais², sem mencionar uma lista de conteúdos a serem trabalhados no ensino médio, ressaltam que as disciplinas científicas têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e propõem uma atualização de conteúdos que proporcione aos alunos as condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada. Vê-se, portanto, que também do ponto de vista da nova legislação, há uma tendência de promover a renovação curricular, buscando no conhecimento científico recente subsídios para o aluno entender o mundo criado pelo homem atual.

¹ Estudos nº 17. Revista da Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior. Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Ano 14. n. 17. Brasília, 20 de dezembro de 1996.

² Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Parte III, 1999.

1.2. A escolha do tema

O fenômeno da supercondutividade apresenta vários atrativos que justificam sua escolha como tópico a ser ensinado no nível médio. Há uma ênfase curricular importante no ensino da Física, que trata da “educação sobre ciência” e que está expressa em muitos aspectos das “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCN₊)³. Essa tendência considera fundamental que os alunos aprendam os conhecimentos científicos no contexto de seu desenvolvimento histórico e que os utilizem no exercício pleno de sua cidadania. O fenômeno da supercondutividade está relacionado à impressionante revolução tecnológica que presenciamos neste início de século, ilustrando, portanto, uma série de aplicações potencialmente motivadoras para os alunos. Este tópico da Física Moderna permite também que se realize uma atividade demonstrativa; em particular, é possível demonstrar o fenômeno da levitação magnética com uma pastilha de supercondutor de alta temperatura crítica, um pequeno ímã e um pouco de nitrogênio líquido, permitindo que os alunos “vejam” o fenômeno e não apenas tenham que abstrair conceitos puramente teóricos. Por outro lado, este tópico, para ser compreendido em seus diferentes aspectos, envolve áreas da Física Clássica já trabalhadas na escola (por exemplo, Termodinâmica e Eletromagnetismo) bem como conceitos não abordados nesse nível de ensino, tais como conceitos básicos de Mecânica Quântica e noções de Física do Estado Sólido. Isto permite que o tema possa ser incorporado ao currículo de uma forma bastante articulada, e ao mesmo tempo, apresentado a partir de princípios físicos usualmente tratados e, posteriormente, partindo para conceitos mais avançados, de uma forma “explicativa”. Essa integração entre diferentes áreas da Física é também uma preocupação dos PCN₊, uma vez que propõem uma releitura das áreas tradicionalmente trabalhadas, estabelecendo que competências e habilidades se desenvolvem por meio de ações concretas, que se referem a conhecimentos, a temas estruturadores. Nesse caso, a supercondutividade insere-se, naturalmente, no tema estruturador “Matéria e Radiação” (PCN₊), onde está contemplada a necessidade de proporcionarmos aos estudantes uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria e os diferentes modelos de explicação.

Justifica-se, portanto, desenvolver um projeto que vise a elaboração de materiais didáticos, em português, sobre supercondutividade⁴, disponibilizados na internet e que, posteriormente, possam servir de subsídios para inovações curriculares em escolas de ensino médio. O desenvolvimento dessa página será feito com o software Flash que é amplamente utilizado em ambientes interativos próprios para fins educativos.

³ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN₊), MEC-SEMTEC, 2002.

⁴ O desenvolvimento da página também faz parte de um projeto maior que, entre outras coisas, visa divulgar materiais didáticos sobre supercondutividade na internet. Tal projeto conta com suporte técnico em informática e se insere no PRONEX do Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do IF – UFRGS (coordenação: Prof. Dr. Paulo Pureur).

1.3. Execução

O projeto está sendo desenvolvido no Colégio Frederico Jorge Logemann situado em Horizontina (região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), com alunos do 3º ano do ensino médio, no segundo semestre de 2006. O Colégio faz parte da Rede Sinodal de Educação e na estrutura física do mesmo estão instaladas a estrutura administrativa da Faculdade Horizontina – FAHOR, uma faculdade especializada em agronegócio.

2. ESTUDOS RELACIONADOS

Iremos descrever algumas contribuições recentemente publicadas no Brasil sobre o tema da Supercondutividade e que subsidiam, por ora, o presente projeto.

Analisamos três publicações: 1 – Tópicos de Física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade, escrito por Ostermann et al (1998); 2 – Roteiro para a experiência de levitação de um ímã repelido por um supercondutor no ensino de Física, escrito por Rocha e Fraquelli (2004); 3 – Supercondutividade, escrito por Ostermann e Pureur (2005). A seguir faremos uma breve análise das obras citadas procurando convergências entre as mesmas.

Os autores discutem as propriedades fundamentais da supercondutividade: resistividade nula e efeito Meissner. As publicações de Rocha e Fraquelli (2004) e de Ostermann e Pureur (2005) iniciam com uma discussão dos aspectos gerais da transição supercondutora (fatos históricos) evoluindo, desta maneira, para abordagem das principais teorias que descrevem o estado supercondutor.

O principal objetivo é fomentar nos professores de Física do ensino médio a idéia de inserir tópicos de Física moderna e contemporânea no currículo, conforme a Lei de Diretrizes e Bases.

São apresentadas demonstrações do fenômeno da supercondutividade através da experiência de levitação de um ímã repelido por uma amostra de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. Rocha e Fraquelli (2004) apresentam um apêndice descrevendo os processos envolvidos na fabricação e tratamento térmico de uma amostra do material cerâmico supercondutor de alta temperatura crítica.

A supercondutividade é abordada de maneira simples, mostrando muitos aspectos de Física Contemporânea sem necessitar de uma matemática extremamente rebuscada, ou seja, a proposta dos autores das três publicações é desenvolver os temas de forma qualitativa e conceitual.

Segundo Ostermann et al (1998), as razões para a introdução de tópicos contemporâneos no ensino de Física são as seguintes: - despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; - os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não

vêm nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente; - é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de física.

Ostermann et al (1998) e Ostermann e Pureur (2005) citam algumas aplicações da supercondutividade, apresentando ao leitor algumas noções acerca dos enormes avanços tecnológicos que o fenômeno pode proporcionar. Aplicações em pequena escala, que incluem basicamente dispositivos eletrônicos de materiais supercondutores, revelam-se um campo bastante amplo e promissor e os avanços ocorrem rapidamente. As aplicações em grande escala são aquelas que fazem uso da resistência nula. Talvez a mais óbvia seja o transporte de energia elétrica, sendo que a construção de linhas de transmissão de energia elétrica em material supercondutor evitaria a perda de energia por aquecimento dos fios. Salienta-se que os materiais supercondutores ainda não se revelam realmente apropriados para esse propósito devido às dificuldades na obtenção de cabos supercondutores de grande extensão.

3. EPISTEMOLOGIA X CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Mediante o que foi exposto na natureza do problema a ser investigado, entende-se que é de fundamental importância a inserção de FMC na disciplina de física. Para essa inserção no ensino médio, é adequado apropriar-se das epistemologias contemporâneas para problematizar visões ingênuas sobre a natureza da ciência. Em outras palavras, o professor deve estar informado sobre epistemologia. Destacamos as epistemologias de Popper (1993), Kuhn (1978), Lakatos (1989) e Laudan (1977), tendo em vista sua relevância no Ensino de Física. Estamos enfatizando a principal convergência existente entre essas teorias – a oposição ao empirismo-indutivismo. Nesse sentido, o ensino de um tema, como por exemplo, o da supercondutividade deverá problematizar visões ingênuas sobre a natureza da ciência, tais como a crença na observação livre de pressupostos teóricos, na concepção de método científico, na possibilidade de se obter conhecimento por indução, entre outras concepções. Para isso evitamos deliberadamente o uso de palavras como: descoberta, acaso, entre outras, consideradas “deslizes epistemológicos”, encontradas com muita frequência em livros didáticos.

4. DESCRIÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O número de horas previstas para a aplicação do projeto é de 20 horas-aula, sendo que o tema da supercondutividade será inserido ao conteúdo Física moderna, já presente no currículo desta série. Em séries cujo currículo não contempla o conteúdo de Física Moderna, a supercondutividade poderá ser inserida de maneira articulada no conteúdo de Termologia, bem como no conteúdo de Eletromagnetismo.

Os conceitos de supercondutividade a serem abordados serão os seguintes:

1. Um modelo de metal
2. Corrente elétrica
3. Resistividade elétrica
4. Supercondutor x Condutor perfeito
5. Materiais Supercondutores
6. Indução Magnética
7. Propriedades do estado supercondutor
 - 7.1. Resistividade nula
 - 7.2. Efeito Meissner
 - 7.3. Levitação magnética
8. Transição do estado normal para o estado supercondutor como uma mudança de estado físico
9. Teoria BCS - Analogias
 - 9.1. Resistividade nula e pares de Cooper
 - 9.2. Efeito Colchão
10. Aplicações

A página desenvolvida na internet está sendo usada como principal recurso pedagógico para o estudo do tema proposto. Serão abordados os aspectos históricos da descoberta do fenômeno da supercondutividade, os Prêmios Nobel relacionados à Supercondutividade através de uma linha do tempo e será desenvolvido um *menu* de navegação especialmente para o “ensino médio” (onde os conteúdos de supercondutividade a serem abordados estarão contemplados), sendo um ambiente facilitador da aprendizagem. Pretende-se que os alunos trabalhem em duplas, sendo que cada dupla terá disponível um computador, no horário de aula.

Para demonstrar uma das aplicações da supercondutividade pretende-se realizar o experimento de levitação magnética (que será preparado no laboratório de supercondutividade do instituto de física da UFRGS). Será disponibilizado um filme do experimento na página.

No início das aulas pretende-se identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre a supercondutividade e a partir disso fazer com que eles tenham uma evolução das idéias inconsistentes e, interagindo com os colegas de classe sob orientação da professora através do uso da página construída para esta finalidade, encontrem resultados que venham a satisfazer a aprendizagem significativa.

Cabe assinalar que, no desenvolvimento do projeto daremos ênfase na principal convergência entre a epistemologia de Popper, Kuhn, Lakatos e

Laudan: a oposição ao empirismo-indutivismo. Para introduzir os conceitos de modelo de metal e corrente elétrica, por exemplo, iremos expor os modelos teóricos atuais, sem partir da observação, como está previsto no primeiro passo do método científico. Deixaremos claro para o aluno que o cientista inicia suas investigações tendo claro seus objetivos, ou seja, sabe exatamente o que deve ser observado. Portanto, se algo saiu de forma inesperada, serão feitas várias investigações a respeito do novo comportamento, desmistificando a idéia de que a evolução do conhecimento científico acontece “por acaso”. Os outros tópicos também serão desenvolvidos através de analogias, exemplos, fatos históricos sem que haja observação dos fenômenos envolvidos.

A avaliação a ser utilizada no desenvolvimento deste projeto é basicamente qualitativa. Inicialmente, será aplicado um questionário com questões abertas para fazer um diagnóstico do nível de familiaridade que os alunos têm acerca do tema. Após o levantamento das respostas obtidas nos questionários, serão estruturadas aulas que terão como material central a página desenvolvida na internet.

Finalizando o processo de avaliação, tem-se a aplicação de um teste final, contendo questões com o objetivo exclusivo de avaliar a aprendizagem do aluno, também sendo aferida através de participação em aula, questionário de atitudes e entrevistas.

A página sobre supercondutividade estará disponível na *Internet* bem como em CD-Rom. Você pode visualizar na figura 1 a página inicial do material construído. A apresentação dessa página é o objetivo central do presente trabalho, já que as experiências em sala de aula ainda estão em andamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste tópico especialmente preparado para o ensino médio procuramos apresentar um tema de Física Moderna e Contemporânea que achamos relevante pelo fato de que o fenômeno da supercondutividade está relacionado à impressionante revolução tecnológica que presenciamos neste início de século, ilustrando, portanto, inúmeras aplicações que nos servem de motivação. Este tópico da Física Moderna nos permite fazer uma atividade demonstrativa do fenômeno da levitação magnética, além de nos valer de várias analogias para que se possam abstrair os conceitos fundamentais da supercondutividade a partir de fatos vivenciados no dia-a-dia. Envolvermos de maneira bem articulada vários assuntos já estudados em Física nos anos anteriores (por exemplo, Termodinâmica e Eletromagnetismo) bem como conceitos não abordados nesse nível de ensino (por exemplo, conceitos básicos de Mecânica Quântica e noções de Física do Estado Sólido). Dessa maneira, a partir de princípios físicos já trabalhados apresentamos os conceitos mais avançados, apenas de forma qualitativa e conceitual para que seja propiciada uma compreensão do fenômeno da supercondutividade, que promete revolucionar ainda mais o meio científico.



Figura 1. Página inicial do material construído para o ensino do tema da supercondutividade.

Tivemos a preocupação de trazer algumas informações a respeito de como o conhecimento científico evolui para que seja difundida a idéia de que o método científico é inconsistente e que toda observação de um fenômeno começa a partir de conhecimentos que o cientista já possui sobre os fatos. O conhecimento científico não é definitivo... A evolução é obtida através de muito esforço, persistência, criatividade e estudo por parte do cientista.

7. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B. MÁXIMO, A. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 2000. 3v. 432p.

BASSO, A. C. *O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial lakatosiano*. Florianópolis, 2004. 191p.

CARMONA, H. Levitação magnética. *Física na Escola*. V. 1, n1, 2000.

CARRON, W. GUIMARÃES, O. *Física: vol. Único (coleção base)*. 2 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2003.

CHALMERS, A. F. *¿Qué es esa cosa llamada ciência?* Madri. Siglo Veintiuno editores, 5 ed. 1987.

GASPAR, A. *Física: eletromagnetismo, física moderna*. São Paulo: Editora Ática, 2000. 448p.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 3: eletromagnetismo*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 438p.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685p.

KUHN, T.S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1989.

LAUDAN, L. *Progress and its problems*. Berkeley: University of California Press, 1977.

MASSONI, N. T. Epistemologias do século XX. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, *Programa da Pós Graduação em Ensino de Física*, 2005.

MOREIRA, M. A. *As Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. OSTERMANN, Fernanda. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de Física; n. 10)

OLINTO, A. *Minidicionário Antonio Olinto da língua portuguesa*. 2.ed. revisada e ampliada. São Paulo: Moderna, 2001.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. V13. n3, 1996.

OSTERMANN, et al. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino*

OSTERMANN, F. FERREIRA, L. Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactical approach. *Physics Education*, Bristol, v. 41, p.34-41, 2006.

OSTERMANN, F. FERREIRA, L. M. CAVALCANTI, C. J. H. *Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1998.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Física Contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, . v.18, n.3, p.391-404, dez. 2000.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. *A Física Quântica como uma tradição de pesquisa: uma análise a partir da epistemologia de Larry Laudan* Comunicação oral apresentada no V ENPEC – Bauru, dez., 2005.

OSTERMANN, F. PUREUR, P. *Supercondutividade*. São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

PESA, M.; OSTERMANN, F. La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemologia de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v.19, n.especial. p.84-99, 2002.

POPPER, K.R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.

ROCHA, F. S., FRAQUELLI, H. A. Roteiro para a experiência de levitação de um ímã repellido por um supercondutor no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. V. 26, n1, 2004.

SILVEIRA, F. L. *A metodologia dos programas de pesquisa: A epistemologia de Imre Lakatos*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. V. 13. n. 3, dez. 1996.

SILVEIRA, F. L, OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial. Florianópolis, 2002.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente – o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo, Martins Fontes, 1984.