

A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA ATRAVÉS DE UM ACELERADOR DE PARTÍCULAS.

POPULARIZATION OF SCIENCE THROUGH PARTICLE ACCELERATOR

Graciella Watanabe¹
Marcelo Gameiro Munhoz²

¹Universidade de São Paulo/Departamento de Física Nuclear/gwatanabe@dfn.if.usp.br

²Orientador/Universidade de São Paulo/Departamento de Física Nuclear/munhoz@if.usp.br

Resumo

Este trabalho se propõe a investigar diretrizes que possam orientar a utilização de centros de pesquisa como espaços de divulgação científica, tomando como referência o acelerador de partículas Pelletron da Universidade de São Paulo. Parte-se de uma reflexão que busca individualizar, para esse caso específico, considerações mais gerais sobre o papel e objetivos da divulgação científica, segundo suas diferentes abordagens e concepções. Da mesma forma, são discutidos quais aspectos, relacionados à questão do ensino-aprendizagem em espaços não formais, melhor se adequam ao potencial de um centro dessa natureza. A partir dessas considerações, são estabelecidos alguns elementos que devem estar presentes na elaboração de propostas de visitas e outras atividades correlatas, no espaço do laboratório, dirigidas para alunos de ensino médio, ensino superior e visitantes em geral. Esses elementos correspondem a objetivos em três âmbitos diferentes: conhecimentos científicos/tecnológicos, envolvendo os princípios básicos e as montagens estruturais de funcionamento do acelerador; conhecimentos relacionados à ciência enquanto processo, a partir da apresentação do processo de produção e a natureza das pesquisas desenvolvidas, e, finalmente, conhecimentos que permitam compreender o sentido da ciência e da pesquisa científica no âmbito da sociedade.

Palavras-chave: divulgação científica, física nuclear, ensino informal, cidadania, acelerador de partículas.

Abstract

The aim of this work is to investigate the possibilities of using a research center for science popularization, taking as reference the particle accelerator Pelletron from the University of São Paulo. This study was initiated by general considerations of the goals and the role of science popularization trying to particularize its different conceptions and practices for this specific case. In the same way, we discuss how to optimize the usage of research centers for the teaching-learning process. From these considerations, some elements were established as part of the visits and other activities in the laboratory, directed to high school students, college students and visitors in general. Three general goals were established: science and technology teaching, involving basic physics concepts and the accelerator working principles; the presentation of science during its production process in the laboratory; and finally, the discussion of the role of science in the society.

Keyword: science popularization, nuclear physics, informal teaching, citizenship, particle accelerator.

INTRODUÇÃO

O Laboratório Pelletron foi fundado em 1972 sob coordenação do Prof^o Oscar Sala. Ele pertence à Universidade de São Paulo e constitui-se em um acelerador de partículas do tipo Tandem. Aceleradores de partículas são equipamentos construídos para o estudo dos constituintes mais fundamentais da matéria através de colisões entre núcleos atômicos. Nesse tipo de acelerador de partículas, uma alta tensão positiva (8 MV no caso do Pelletron) é gerada no chamado terminal do acelerador, atraindo íons negativos, que aceleram a altas velocidades. Um filme bastante fino, normalmente feito de Carbono, é colocado próximo ao terminal. Ao atravessar esse filme fino, os íons negativos “perdem” elétrons (processo de *strip*), tornando-se positivamente carregados. Desta vez, a alta tensão no terminal repele esses íons, acelerando mais uma vez essas partículas, que adquirem velocidades ainda maiores. No final do acelerador, é colocado outro filme, composto do material que se deseja estudar, com o qual os íons acelerados colidem, gerando reações nucleares que são estudadas pelos pesquisadores. Essas reações “quebram” os núcleos interagentes e geram processos físicos que permitem se compreender a constituição dos núcleos e a maneira como interagem.

Diversas pesquisas são realizadas no Laboratório. Ele conta com mais de 100 pesquisadores usuários, que desenvolvem pesquisas básicas, que tem como objetivo o entendimento do núcleo atômico, e pesquisas de caráter aplicado, que se caracterizam por sua interdisciplinaridade.

Dada a diversidade de pesquisas e o grande porte do laboratório, ele constitui-se em uma ferramenta de grande potencial para a divulgação da ciência, pois desperta de imediato o imaginário das pessoas que o visitam. Atualmente, existem visitas monitoradas ao laboratório, porém são organizadas de maneira intuitiva, sem uma preocupação e reflexão sobre o seu conteúdo e formato a fim de se realizar uma divulgação científica mais eficaz. Por se tratar de um laboratório em atividade, e não um museu ou centro de ciência, fica claro a especificidade da situação, que deve ser tratada de maneira dirigida.

O objetivo deste trabalho é elaborar visitas monitoradas ao acelerador de partículas Pelletron buscando atingir diversas metas e avaliar através de pesquisa qualitativa o resultado das visitas realizadas.

De maneira geral, temos como meta desmistificar para o jovem estudante a inacessibilidade do conhecimento científico, principalmente da física nuclear, demonstrando que vários aspectos relacionados ao funcionamento e as pesquisas realizadas nesse laboratório estão ao alcance do seu entendimento. Com isso, pretendemos motivar o aluno ao estudo da física transmitida no ensino médio e levá-lo à reflexão sobre o papel da ciência na sociedade.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO-APRENDIZAGEM E CIDADANIA

O papel da divulgação científica no mundo atual promove, através de discussões fora do âmbito escolar, uma associação entre o ensino formal e o que consideramos como ensino informal, onde a educação é “*constituída (...) de atividades*

não-estruturadas, sem seqüência prefixada e primeiramente decorrente de experiências apreendidas (vivenciadas), aquelas que foram adquiridas no meio social” (Martins, 1995: 100). Assim, buscamos salientar a necessidade do conhecimento também fora do ambiente escolar, promovendo junto aos pesquisadores da área de física nuclear e esses cidadãos uma troca enriquecedora para o desenvolvimento do indivíduo diante da descoberta e das relações entre o aprender na escola e o conhecimento gerado nas universidades.

Um dos fatores motivador desse trabalho é nosso interesse pela divulgação científica como forma de “construção dos elementos da cultura de nossa época, não podendo ignorar que a própria ciência é uma das mais marcantes características dessa cultura” (Barros, H.L.). Ainda neste contexto, Ana Maria Sánchez Mora (2003: 31) escreve sobre o sentido da divulgação em “A divulgação da ciência como literatura”.

“... existem duas vertentes, a da necessidade e a do prazer, unidas pela idéias de que aqueles que não possuem conhecimentos científicos encontram-se em desvantagem, pois ficam excluídos de uma das maiores conquistas intelectuais da humanidade. A vertente do prazer faz referência à desvantagem de não se poder fruir da “emoção” da ciência; a vertente da necessidade assinala que aqueles que nada sabem de ciência estão excluídos de contribuir, de alguma forma séria, para o debate do feito que ela tem sobre nossa vidas.”

Outra característica que determina o processo de divulgação científica em uma esfera que possa abranger todas as classes sociais deve-se principalmente a necessidade do conhecimento prévio dos indivíduos que formarão nosso público alvo. Portanto, se entendemos que divulgação científica é também uma forma de promoção da cidadania, devemos especificar que tipo de cidadão queremos atingir com nosso trabalho.

Assim, “o aprimoramento das técnicas pedagógicas tornaria possível socializar os indivíduos a ponto de integrá-los perfeitamente no sistema social, transmitindo-lhes cidadania”, como afirma Ferreira (1993: 13).

Para Silva, dentre os diversos cidadãos caracterizados em seu trabalho, citamos o cidadão reivindicador que para o autor está incluído “*aqueles que defendem a idéia de que a garantia de cidadania viria por meio da reivindicação de espaço social para o seu ou para os outros grupos.*” (2002: 20)

Entendemos que esses cidadãos:

“... numa democracia não são apenas titulares de direitos já estabelecidos – mas existe, em aberto, a possibilidade de expansão, de criação de novos direitos, de novos espaços, de novos mecanismos. O processo, portanto, não se dá no vazio” (Benevides, 94).

Neste sentido, procuramos analisar através das discussões acima o papel do ensinar ciências através de espaços informais e as formas de se avaliar esses estudantes diante do conhecimento específico fora dos bancos escolares, procurando inserir esses jovens pensadores às esferas reivindicadoras do conhecimento.

A PARTICIPAÇÃO DOS PESQUISADORES

Levando em conta o fato de estarmos lidando com um laboratório ativo, que envolve um número expressivo de 22 técnicos e 19 pesquisadores, consideramos que um ponto de partida importante poderia ser a visão que os pesquisadores têm de seu espaço de trabalho e das possibilidades de utilização desse espaço para a divulgação científica. A opção pelas entrevistas com os pesquisadores, em um primeiro momento, justifica-se pelo fato deles serem também docentes e, portanto, atentos e próximos às questões relativas ao ensino de física, além de alguns deles terem já realizados visitas monitoradas de alunos e visitantes ao laboratório.

Visando compreender as idéias dos pesquisadores a respeito das atividades do laboratório foram realizadas entrevistas onde cada participante expôs sobre os seus trabalhos realizados no laboratório de uma forma fiel e acessível ao público, permitindo aos docentes/pesquisadores uma reflexão sobre a abordagem mais próxima do conhecimento dos alunos e visitantes não especializados. Essas entrevistas permitiram, além de tomar contato com as vivências e visões dos pesquisadores, iniciar o diálogo visando envolvê-los em futuras atividades de divulgação científica que envolve um público das escolas.

As entrevistas realizadas com os professores do Departamento de Física Nuclear tiveram como intuito a elaboração de temas que fossem interessantes para os alunos do ensino médio.

Para que pudéssemos abranger o maior número possível de pesquisas, foram divididas as entrevistas em grupos de pesquisa básica e aplicada, e desses dois grupos subdivididos em temas relacionados com física nuclear. A preocupação *a priori* era trazer para estas discussões o fator motivador dessas pesquisas e seu papel na sociedade. Surgindo então uma discussão entre os professores sobre a necessidade da pesquisa básica como estudo primordial para o desenvolvimento de novas tecnologias, mesmo que para o público leigo não tenha, em um primeiro momento, utilidade prática. Caso contrário da pesquisa básica a pesquisa aplicada usa a área interdisciplinar para desenvolver estudos que tem um impacto maior no cotidiano da sociedade.

A necessidade de especificar para os visitantes o papel da cooperação entre essas duas vertentes de trabalho foi uma preocupação unânime entre os docentes entrevistados

Quanto às abordagens dos assuntos de física nuclear, podemos observar que através das experiências vivenciadas por esses professores há uma preocupação de tornar o conhecimento acessível através da relação entre os conteúdos abordados nas escolas e as teorias relacionadas à pesquisa. Como observado na fala de alguns professores:

“...várias linhas de pesquisa (...). Vai desde partículas, radiação eletromagnética, diferentes comprimentos de onda, luz, os raios x, etc. Quem conhece sabe que tem diferença e quem não conhece não percebe, mas acho que vale a pena mostrar o que acontece(...)”

“...Para uma discussão com alunos do ensino médio, é sempre interessante construir exemplos concretos dessas utilizações.”

Assim pode-se observar que o papel da interdisciplinaridade nas pesquisas aplicadas dentro do laboratório é para os pesquisadores uma forma de inserção desses estudantes no sentido de lhes permitir uma aproximação com as várias áreas do conhecimento e permitir a esses alunos uma interface entre outros interesses adquiridos

no decorrer de sua formação acadêmica, desmistificando a carreira de pesquisador como inacessível.

“Para os alunos do ensino médio a informação mestra é a interdisciplinaridade, pois a física sozinha tem sua importância, mas pode ser usada de forma conjunta para atingir um certo objetivo e melhorar nosso conhecimento”

As discussões que se seguiram durante este percurso trouxe uma notável preocupação dos docentes quanto à difusão da ciência como transformadora no processo de ensino aprendizagem e não apenas uma forma de divulgação das pesquisas realizadas no laboratório.

Outro fator relevante para esses pesquisadores é a necessidade de uma maior interação com a sociedade cujo foco fundamental é trazer para o meio acadêmico a possibilidade de trocas de conhecimento através das discussões entre os visitantes e pesquisadores.

Neste contexto, tenta-se trazer para estas discussões a relação interdisciplinar de algumas pesquisas e as diferentes possibilidades de se aplicar o estudo da física em outras áreas de conhecimento.

DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E FUNÇÕES PARA ATIVIDADES

Através dos dados qualitativos obtidos com as entrevistas e a bibliografia, identificamos três funções que consideramos pertinentes para o desenvolvimento deste trabalho:

- O processo ensino-aprendizagem do conhecimento científico e tecnológico;
- O contato com a ciência em seu processo de produção;
- O reconhecimento do sentido e da relevância das atividades de pesquisa científica na sociedade;

Com a visita de estudantes em laboratórios, acreditamos que seja viável desenvolver o senso crítico dos estudantes permitindo-lhes ampliar seu conhecimento através da interação no processo de desenvolvimento do saber científico.

Neste sentido, propomos aos alunos um divagar sobre a intervenção do desenvolvimento científico e técnico na sociedade.

Assim propomos visitas que tenham como enfoque o processo de produção do conhecimento através de um acelerador de partículas e suas relações com outras áreas do saber

Os aspectos acima citados se correlacionam diretamente com objetivos formativos complementares:

- Formação científica e tecnológica;
- Desmistificação do fazer ciência e estímulo a vocações pela pesquisa;
- Formação da cidadania.

A formação científica e tecnológica, tem como uma de suas intenções proporcionar a esses estudantes um contato com a física, especificamente a física nuclear, através de temas que são relevantes para o aprender como processo de formação do indivíduo que queremos inserir na sociedade.

Assim, tentamos descaracterizar o fazer ciência como uma forma de percorrer caminhos solitários e paralelos ao envolvimento social, mas sim uma janela para entender a natureza e de contribuir para o processo de evolução intelectual e

tecnológico, aprimorando o conhecimento através de discussões entre os vários meios que constituem a sociedade.

Caracteriza-se, neste sentido, uma correlação entre o aprender e sua vocação para a formação de cidadãos participativos no processo que desenvolvimento social. Portanto, consideramos que esses objetivos também têm um papel primordial não somente para estudantes, mas para um público leigo eventual visitante. Como observamos os objetivos formativos esperados nos PCN's:

“Trata-se (...) de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam. Vale a pena lembrar que, lado a lado com uma demarcação disciplinar, é preciso desenvolver uma articulação interdisciplinar, de forma a conduzir organicamente o aprendizado pretendido. A interdisciplinaridade tem uma variedade de sentidos e de dimensões que podem se confundir, mas são todos importantes.”

DEFINIÇÃO DE MEIOS E ESTRATÉGIAS

Baseado nas discussões acima foi desenvolvido meios para elaborar uma visita que possa atingir as metas pretendidas. A visita será composta de três atividades: uma apresentação multimídia; visita a quatro seções do laboratório; e demonstração e discussão de um protótipo do acelerador.

A apresentação multimídia tem por finalidade apresentar ao público os conceitos básicos de física nuclear e algumas pesquisas realizadas no laboratório, procurando elaborar temas que pudessem ser abordados com conceitos básicos de física adquiridos no ensino médio.

O tema principal para o desenvolvimento da apresentação é a teoria atômica, procurando enfatizar alguns aspectos interessantes dessa teoria, como o tamanho de um átomo e sua relação com as dimensões do núcleo. Consideramos relevante para o entendimento do público visitante a relação entre as pesquisas realizadas no laboratório e sua tentativa de elucidar os fenômenos da natureza. Assim, foram abordados através das pesquisas em andamento no laboratório as questões envolvidas no processo de produção do conhecimento científico. Na pesquisa básica foram selecionados os temas:

A atração entre prótons e nêutrons no núcleo. Apesar da repulsão elétrica entre prótons (conhecida dos alunos), estes se mantêm coesos dentro do núcleo. Isso só é possível devido à ação da chamada força forte. A forma analítica dessa força é desconhecida e diversos modelos fenomenológicos foram desenvolvidos ao longo da história da física nuclear. Um desses modelos foi desenvolvido no laboratório Pelletron, chamado de Potencial São Paulo;

Núcleos exóticos, onde são núcleos que exibem uma combinação de prótons e nêutrons bem distinta daquela apresentada pelos chamados núcleos estáveis, que compõem os materiais encontrados na natureza. Recentemente, foi construído um equipamento no laboratório que permite o estudo desse tipo de núcleo;

Reações nucleares. As reações nucleares estudadas no Pelletron, normalmente envolvem energias muito baixas, que são menores do que a repulsão elétrica entre as cargas positivas que compõem o núcleo. Porém, devido ao efeito de tunelamento quântico, esses núcleos conseguem se aproximar o bastante para que ocorram diversos processos nucleares, como a fusão, por exemplo.

Astrofísica nuclear. A origem e evolução do Universo e das estrelas estão intimamente ligadas a processos nucleares e diversas reações nucleares que ocorrem em processos cosmológicos podem ser estudadas com o acelerador Pelletron;

Na pesquisa aplicada foram abordados temas que fossem mais próximos do cotidiano dos visitantes, mostrando a cooperação que existe com outras áreas do conhecimento a fim de responder a questões pertinentes estudos interdisciplinares. Nesta apresentação, foram utilizadas animações gráficas que pudessem ilustrar de forma qualitativa os conceitos teóricos envolvidos no processo de pesquisa. Durante essa apresentação também será demonstrado o funcionamento do acelerador e o processo físico de aceleração dos feixes, procurando utilizar durante a explicação conceitos e teorias aprendidas no ensino médio.

Em um segundo momento, foram desenvolvidos painéis explicativos dos andares que serão visitados (figura 1). Estes painéis têm como função nortear os visitantes através dos conceitos físicos empregados em cada componente técnico do acelerador. Assim, foram elaborados legendas com fontes grandes e textos de aprofundamento que serão anexados no rodapé para alunos mais interessados no assunto específico, permitindo assim a visualização mesmo para visitantes que estejam mais distantes do painel. Esses painéis ainda contam com fotos dos componentes e a indicação de sua função no acelerador, dando ao estudante um conhecimento prévio do material técnico antes de observá-lo no laboratório.

Os andares selecionados para as visitas buscam esclarecer aos visitantes o processo de aceleração do feixe:

- 8º andar: a fonte de íons gera o feixe do elemento contido na amostra (catodo) e é acelerado pelo extrator através de uma diferença de potencial. Após essa aceleração inicial, o eletroímã ME20 seleciona o elemento através de sua massa pelo campo magnético gerado no aparelho;
- 6º andar: está o sistema de transporte de carga onde é gerado uma diferença de potencial de 8MV que é responsável pela aceleração do feixe proveniente da fonte de íons;
- Térreo: neste andar está localizado o ME200, que é outro eletroímã cuja função é selecionar a energia do feixe que se deseja estudar;
- Sala experimental: onde se encontram as câmaras de espalhamento, que contém os alvos da reação nuclear e os detectores de partículas, que coletam os dados provenientes da colisão entre os núcleos do feixe e do alvo;

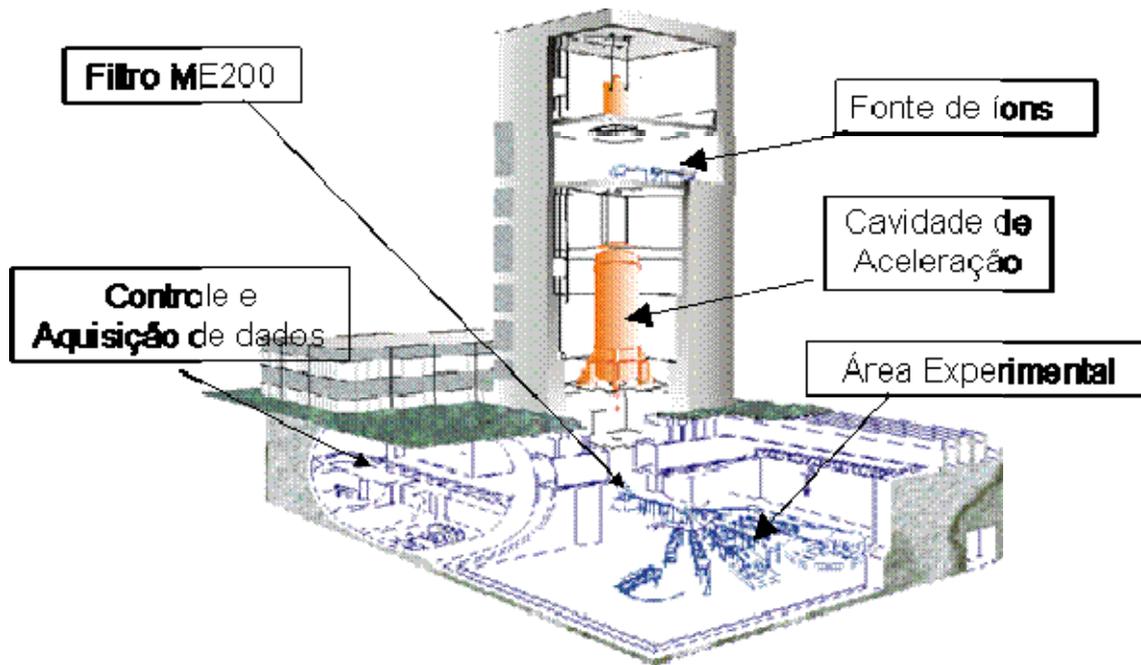


Figura 1: Laboratório Pelletron

O protótipo do acelerador (0,33 U) está sendo desenvolvido no laboratório eletrônico do acelerador Pelletron (figura 2). Este aparato tem como objetivo apresentar ao visitante o funcionamento simplificado do acelerador. Sua finalidade é desmistificar ao jovem estudante a necessidade de um conhecimento refinado da física para o entendimento do acelerador. Assim, buscamos caracterizar o maquinário envolvido com dimensões que pudessem ser acessíveis aos alunos.

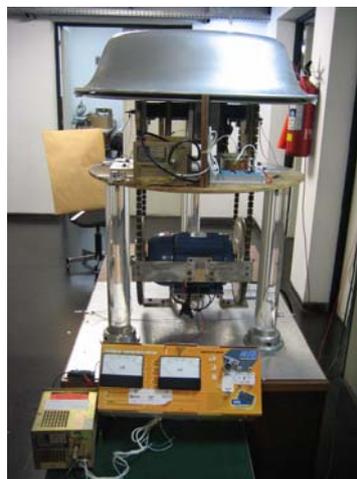


Figura 2: protótipo 0,33 U

Através da interação entre os visitantes com o protótipo esperamos que sejam abertas novas discussões sobre as teorias abordadas no laboratório e sua função no funcionamento desses aceleradores. Os estudantes poderão verificar seu funcionamento e a relação entre tensão e corrente elétrica, contextualizando o conhecimento adquirido e fazendo relações entre o aprender na escola e em espaços não formais.

Outro meio de divulgação que está em fase de aprimoramento é a utilização do meio digital para o desenvolvimento de um sítio na internet cujo foco será disponibilizar aos professores materiais que possam atender as necessidades desses

docentes em sala de aula como: apostilas, experimentos e textos relacionados especialmente à física nuclear no país. Este material tem a longo prazo a intenção de subsidiar, através dos conteúdos, professores e alunos para uma visita ao laboratório focada não apenas na especulação de um novo ambiente de aprendizagem mas em uma nova visão do mundo microscópico através das teorias atômicas.

Neste sentido, iremos elaborar questionários, baseados em literatura especializada, que serão fontes norteadoras para o aprimoramento das apresentações. Pretendemos tornar o questionário roteiro para desenvolver novas apresentações e avaliar os conteúdos adquiridos pelos alunos e professores, dispondo assim de material suficiente para abranger neste trabalho todas as esferas sociais, permitindo aos visitantes uma maior aproveitamento de sua visita independente de sua aquisição cultural.

CONSIDERAÇÕES E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Este trabalho buscou através de pesquisas em divulgação científica e da experiência dos docentes do laboratório Pelletron, trazer uma reflexão sobre o papel dos centros de pesquisas como difusoras do conhecimento científico. Neste contexto, procuramos responder as questões que são relevantes para se preparar materiais que possam abranger o público em geral, focando em um primeiro momento, em nossas apresentações para alunos do ensino médio.

Baseados nos elementos abordados durante este trabalho estão sendo construídas atividades que possam desenvolver o senso crítico desses estudantes e desmistificar o papel do cientista e da pesquisa na sociedade.

Assim temos como intuito trazer para esses alunos um contato maior com a ciência em processo de produção visando despertar a vocação científica nestes jovens estudantes.

Esperamos através dessas intenções, permitir que o estudante possa desenvolver sua capacidade de discernimento com uma visão embasada dos assuntos relacionados à física nuclear.

Neste sentido, as futuras visitas monitoras poderão trazer respostas sobre nossas expectativas. O acompanhamento durante este percurso de aprendizagem através das trocas entre pesquisadores e visitantes poderão readequar as atividades ao longo desse processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer imensamente à ajuda da Prof^a Maria Regina Dubeux Kawamura e Giselle Watanabe pelas importantes e valiosas discussões durante a elaboração deste trabalho; ao Engenheiro Udo Schnitter pela concepção, planejamento e construção do protótipo do acelerador Pelletron e ao técnico eletricitista Vitório E. Sarmiento pela sua ajuda nos testes e medidas com o protótipo.

REFERÊNCIA

Mora, A.M.S. *A Divulgação Científica como Literatura*. 1º Edição. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ (2003);

Massarani, L. Moreira, I.C. Brito, F. *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2002.

Martins, M.C.M. *A divulgação científica e o ensino de física nuclear, no 1º e 2º graus*. Tese defendida na Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 1995.

Silva, J.A.. *Cidadania e divulgação científica no ensino de física*. Tese defendida no Instituto de Física. Universidade de São Paulo, 2002.

Albagli, S. *Divulgação científica: informação científica para a cidadania?* Ciência e informação, v.25, n.3, p. 396-404. set./dez. 1996.

Barros, H.L. *Apropriação social da ciência na idade da tecnologia*. Disponível no endereço <http://www.scielo.br/>.

Brasil. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. SEMTEC/MEC, Brasília, 1998

Benevides, M.V. *O desafio da educação para a cidadania* – In: Aquino, J.(org) – *Diferenças e Preconceitos na Escola*, Ed. Summus, São Paulo, 1998