

# UMA EXPERIÊNCIA COM O PROJETO MANHATTAN NO ENSINO FUNDAMENTAL

## *An experience with the Manhattan Project in the Elementary School*

Rafaela Samagaia<sup>1</sup>

Luiz O. Q. Peduzzi<sup>2</sup>

**Resumo:** O presente artigo discute uma dissertação de mestrado que utilizou uma perspectiva educacional voltada à formação de cidadãos e defendida na proposta de Edgar Morin e no relatório da UNESCO sobre educação para o século XXI. Para isso, aborda a importância de uma nova prática escolar, preocupada em manter o estudante como centro das atividades em sala de aula. Particularmente no ensino de Ciências, a perspectiva escolhida foi o CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), cujos objetivos contêm convergências importantes também com os Parâmetros Curriculares Nacionais e a ACE (Aprendizagem Centrada em Eventos), que assim como os demais referenciais teóricos, sugere a discussão contextualizada do conhecimento científico. Finalmente, são apresentados alguns resultados referentes a um módulo didático desenvolvido, aplicado e avaliado, abrangendo a Física Moderna e voltado à sala de aula do Ensino Fundamental no contexto histórico do Projeto Manhattan (1941-1945). Entre os conteúdos de ciência contemplados estão a fissão nuclear, a radiação, a pesquisa e o uso de armas químicas e biológicas e a energia a partir de uma situação problema propiciada pela técnica psicoterápica RPG – Roleplaying Game ou Jogo de Papéis.

**Unitermos:** módulo didático, Física Moderna e CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

**Abstract:** *The present article discusses research that uses the perspective of the construction of citizenship and the education of the citizen. This standpoint is supported by Edgar Morin and by UNESCO's report on education in the 21<sup>st</sup> century. To accomplish this task, the importance of a new practice in school in which the student is the centre of the classroom activities is discussed. In the present study the chosen perspective is STS (Science, Technology and Society), which has some significant points in common with Brazilian National Curriculum Standards and ECL (Event Centered Learning). Along with other theories this embraces the contextual discussion of scientific knowledge as a main strategy. In conclusion, a Physics teaching unit for the Fundamental School (8th grade) classroom has been developed, applied and evaluated. It deals with the historical background of the Manhattan Project (1941 – 1945) and includes the topics of nuclear fission, radiation, energy, chemical and biological weapons research and utilization. The approach to these issues is through the use of a problem-situation as suggested by the RPG (Role-Playing Game) therapeutic technique.*

**Keywords:** *didactical unit, Modern Physics and STS (Science, Technology and Society)*

### Repensando o papel da educação: uma visão geral

A pesquisa em educação vem se mostrando um campo profícuo de trabalho há muitos anos. As relações estabelecidas em sala de aula, tanto entre professores e estudantes quanto entre estes e o conhecimento, sabe-se, não são triviais e vêm se complexificando na mesma medida da diversificação dos interesses dos jovens. Um exemplo são os trabalhos que discutem a pouquíssima utilização do conhecimento escolar (Solomon, 1990), na contrapartida da grande influência da mídia na construção das concepções que as pessoas desenvolvem intuitivamente para compreender o funcionamento de objetos (Aikenhead, 1988).

<sup>1</sup> Mestre em Educação pela Universidade Federal de Santa Catarina (e-mail: rafaela@eciencia.usp.br).

<sup>2</sup> Professor doutor do Depto. de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (e-mail: peduzzi@fsc.ufsc.br).

Indicativos como esses demonstraram claramente a necessidade atual de se repensar a ação em sala de aula e o papel da escola na construção de cidadãos mais qualificados e participativos.

Neste trabalho, procurou-se valorizar contribuições diferenciadas do que vem a ser o objetivo da vida escolar e oferecer uma possibilidade de ação estruturada e testada, para professores dispostos a novas iniciativas com base na compreensão de Edgar Morin e Jacques Delors (Morin, 1990, 2000 e 2001; Morin, Le Moigne, 2000; Delors, 2001) quanto à ampliação e humanização do conhecimento e do interesse da escola.

É defendida a necessidade de haver, de um modo geral, a busca pela aquisição de cultura, pelo desenvolvimento de atitudes autônomas e críticas perante as situações sociais, pela otimização das condições coletivas de vida e por uma maior tolerância às diferenças, seja respeitando as preferências e os talentos individuais, seja reconfigurando uma estrutura rígida e imutável, centrada principalmente no conhecimento científico recortado e descontextualizado, fora do qual todo saber tende a parecer menor (Ricardo e Zylbersztajn, 2002).

### **Contribuições para uma renovação do ensino de Ciências**

A discussão apresentada torna-se particularmente relevante ao serem observados fatores que revelam o nível geral de entendimento da ciência, em que ganham destaque a dificuldade de compreensão conceitual e o desinteresse para com o assunto, ao menos no âmbito escolar. O quadro é constituído também pela convivência entre a complexidade do objeto de estudo, agravado pela distância existente entre as atuais situações de ensino e os contextos de viva curiosidade no qual surgiram as teorias científicas. Junto desses fatores, está o rápido progresso científico e tecnológico percebido e experimentado hoje e a geração contínua de temas potenciais para serem discutidos com os estudantes que, por sua vez, já apresentavam dificuldades para com as descobertas do século XX.

O resultado é uma estrutura contraditória que defende o valor da ciência dado o seu poder de explicação e o desenvolvimento de teorias e tecnologias cada vez mais modernas, mas propõe-se a ensinar na escola apenas as descobertas “superadas” há mais de um século que, além de tudo, são apresentadas fora de contexto e em completo desacordo com os interesses dos estudantes.

A questão é interessante e a solução parece não ter sido ainda avistada, apesar das inúmeras tentativas que mostram resultados motivadores, como o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que sugere um contexto tecnológico e social como ponto de partida para a discussão dos aspectos científicos a ele circunscritos. Para que sejam otimizados os resultados, prescreve também a manutenção da ação dos sujeitos nas atividades desenvolvidas, o que torna o processo dinâmico e possibilita uma melhor compreensão do papel tanto individual quanto do conhecimento nas situações reais. É importante ressaltar, entretanto, que o CTS, assim como toda nova proposta, apresenta problemas e dificuldades ainda não suficientemente estudados. Um deles é uma tendência à percepção instrumentalista da ciência, que pode ser reforçada ao se partir sempre de objetos tecnológicos para chegar aos conceitos. Outro, são as dificuldades e a alteração dos rumos do trabalho docente, quando se deseja colocar, com responsabilidade, o aluno no foco do processo ensino-aprendizagem, além das necessidades especiais de formação e infra-estrutura de que qualquer ação diferenciada na escola necessita. Entretanto, parece que apenas a utilização consciente por professores e pesquisadores entusiastas dessas novas propostas possibilitará a solução de toda sorte de problemas que possam surgir, e é nesse espírito que este trabalho foi concebido.

Em conformidade de objetivos com o CTS está a ACE (Aprendizagem Centrada em Eventos) (Watts, Alsop e Zylbersztajn, 1997; Souza Cruz e Zylbersztajn, 2001; Souza Cruz, 2001), que sugere como estratégia de ação a escolha de um evento de domínio público, preferencialmente polêmico e que seja pedagogicamente rico para possibilitar o desenvolvimento de atividades e discussões sobre os temas científicos, tecnológicos e sociais envolvidos. Dado o seu caráter contextualizador, a ACE parece contrapor, em certa medida, a impressão instrumentalista que o CTS pode muitas vezes conter. Através dessa abordagem, ressaltam-se relações sociais que cercam a ciência e seus objetos, valorizando menos a descoberta em si e mais o processo em torno do qual ela culminou.

Para tornar factíveis idéias como essas no contexto da sala de aula, elaborou-se um módulo didático que procurou, primordialmente, a problematização sob o aspecto social da concepção e do valor atribuído à ciência e a tecnologia, através da reunião de objetivos importantes dentre os quais estão: a estruturação de um contexto de discussão da ciência que não envolvesse especificamente apenas a Física, a valorização da formação de uma opinião crítica sob um ponto de vista polêmico e o uso do conhecimento científico como fator decisivo na tomada de decisão, buscando favorecer a formação de cidadãos mais ativos e capazes de perceber a necessidade da compreensão da ciência e da construção e manutenção de posicionamentos.

Uma das dificuldades encontradas inicialmente foi o fato de que os movimentos mencionados não especificam uma metodologia de trabalho, sugerindo apenas que os estudantes permaneçam ativos e no centro do processo ensino-aprendizagem, razão pela qual foi adotada a técnica RPG (Role Play Game) para a confecção do módulo. Trata-se de uma atividade interativa, um jogo de papéis, em que uma história orienta os acontecimentos mas recebe, a todo momento, interferências dos participantes através das reações e posicionamentos de cada personagem. Esta é sua principal característica, o fato de os sujeitos representarem um papel ao longo do jogo que pode levar tanto tempo quanto necessário. A atividade é dinâmica, coletiva e um mesmo jogo (ou livro, como pode ser chamado) constitui diferentes enredos, dado seu caráter interativo.

Para o uso do RPG em situações de ensino, são previstos acréscimos na atenção com relação às aulas expositivas (Rodrigues, 1993), o que provavelmente deve estar vinculado à importância da participação discente para que seja viabilizada a continuidade do jogo, diferentemente das aulas expositivas nas quais, de um modo geral, o aluno permanece excluído do cerne das atividades, cabendo-lhe apenas observá-las.

### **O módulo didático**

O módulo de ensino produzido, testado e analisado, procurou problematizar um evento importante vinculado à Física moderna: o desenvolvimento e utilização das bombas nucleares que destruíram Hiroshima e Nagasaki (Samagaia e Peduzzi, 2003). Ele foi estruturado para as aulas de ciência em classes da 8ª série do Ensino Fundamental e sua aplicação aconteceu em uma escola da rede pública estadual da cidade de Florianópolis. Dentre as classes do professor sugerido pela direção da escola, escolheu-se uma turma sem nenhum critério específico, a não ser o de uma maior conveniência nos horários das aulas.

Por se tratar de uma seqüência relativamente longa de atividades – envolvendo 16 aulas – ficou acordado com o professor titular da disciplina que seriam utilizadas apenas duas aulas-faixa do total das quatro regulares na semana. No restante do tempo, as atividades seriam conduzidas normalmente dentro do currículo previsto. O início dos trabalhos também foi marcado de acordo com os temas científicos a serem abordados durante as atividades propostas e o programa da disciplina seguido pelo professor.

Não só devido à disposição do professor titular, mas também por causa do próprio currículo e livro-texto adotados pela escola (Cruz, 2000), a aplicação do módulo foi precedida por aulas que esclareceram conceitos fundamentais para as atividades posteriores. Um exemplo foi a exposição sobre usinas nucleares, que incluiu tanto a engenharia destas quanto os princípios científicos envolvidos em seu funcionamento. Ministrada pela pesquisadora (um dos autores deste trabalho), essa aula já estava prevista no programa da disciplina e marcou o começo do contato com os estudantes, no mês de abril de 2002. Com isso, buscou-se a familiarização entre os sujeitos envolvidos na aplicação, o que foi consolidado com a presença da pesquisadora em algumas aulas regulares da disciplina até o início efetivo das atividades, em agosto do mesmo ano.

Assim, o módulo foi estruturado passando por uma história principal, supostamente fictícia mas que, na verdade, consistia de uma reprodução, o mais fiel possível, das condições e disputas ocorridas na Segunda Guerra Mundial e na produção concomitante do Projeto Manhattan.<sup>3</sup>

Para estruturá-lo, foi necessária uma pesquisa sobre a história da ciência envolvida no desenvolvimento do armamento em questão, além da leitura histórica do próprio evento, a Segunda Guerra Mundial. Também foram fundamentais os conhecimentos de Física, que otimizaram uma percepção quanto às necessidades conceituais em torno do módulo apresentado. Por essa razão, o professor, para que pudesse dar as aulas propostas, ao menos nesta primeira exposição para o público-alvo, deveria ter um perfil bastante específico e também conhecer minimamente as concepções envolvidas. De outra forma, a análise dos resultados poderia ser prejudicada, com dois pontos importantes e diferenciados a serem considerados: o módulo em si e a limitação do professor para lidar com ele. Principalmente em caso de ineficiência ou desinteresse pelas aulas, não seria tarefa trivial descobrir qual dos agentes havia contribuído mais fortemente com o resultado e como o objetivo do trabalho era o desenvolvimento e análise do material e de suas possibilidades como instrumento de ensino, optou-se pela adoção da própria pesquisadora na função docente, consciente dos riscos assumidos e tomando as precauções devidas para que a maior quantidade possível de informações e alterações fosse feita ao longo da aplicação, para que em uma oportunidade posterior, o perfil docente não fosse tão específico. A outra opção, seria buscar um professor tão particular para realizar a aplicação, que os resultados igualmente não poderiam ser generalizados.

A questão central envolveu a decisão quanto a investir ou não em uma verba bastante grande para o desenvolvimento do Projeto Arbetritz, que visava a construção de uma superbomba com o intuito de acelerar o término de um conflito de grandes proporções. Para essa importante decisão, foi escolhida uma comissão de representantes da sociedade, incluindo profissionais de diferentes áreas, chamada CETODES (Comissão Especial para Tomada de Decisões Estratégicas). Eles deveriam ser informados sobre as vantagens e desvantagens da construção por outros dois grupos: o dos **cientistas favoráveis** à construção da bomba, formado pelos membros da comissão científica que executaria a pesquisa e o dos **cientistas contrários**, que disputavam as verbas julgando-as mais necessárias em outras pesquisas. Eram ainda participantes da história os **jornalistas** responsáveis pela cobertura dos acontecimentos, que deveriam divulgar a todos as informações coletadas no jogo e fora dele (durante os trabalhos extraclasse) e os membros da **comissão organizadora**, auxiliares da pesquisadora alocados em cada um dos grupos (exceto o CETODES), descentralizando a função organizacional.

---

<sup>3</sup> *O Projeto Manhattan pesquisou e desenvolveu as bombas nucleares lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki em 1945 (Jungk, 1958; Buttow, 1954; Feynman, 2000; Hobsbawm, 1995).*

Para a constituição dos grupos, o critério principal de seleção foi a escolha pessoal dos participantes. Os pequenos impasses surgidos foram resolvidos apenas estabelecendo, de comum acordo, que alguns deveriam optar por grupos que permaneciam ainda pouco numerosos, a fim de viabilizar o jogo. Mesmo porque, os estudantes não precisavam necessariamente expressar sua opinião individual, uma vez que se tratava da representação de um papel.

Cada equipe contava com o seguinte, em termos de número de membros:

<b>Grupo</b>	<b>Número de participantes</b>
Cientistas contrários ao Projeto Arbetritz	7
Cientistas favoráveis ao Projeto Arbetritz	7
Jornalistas	8
CETODES	17
Organizadores	3

Com o objetivo de envolver os alunos, algumas providências foram tomadas desde o início das atividades. Como exemplo, pode-se citar a disposição das carteiras, que era alterada semanalmente acordando com a atividade prevista. Da mesma forma, alguns membros do CETODES, assim como a pesquisadora, criaram nomes e profissões fictícios. São exemplos: dr. Mendelévio Estrôncio, médico ginecologista; dr. Escrendrúpio, médico; srta. Vanessa Veloso, religiosa. Havia também, ainda que em menor número, arquitetos, administradores e psicólogos.

Uma das preocupações da investigadora foi a de que pudesse ser menosprezado o papel do grupo CETODES, que continha um número maior de participantes e, aparentemente, atividades de menor destaque. Para lidar com esse possível problema, foram utilizadas algumas medidas simples, como a manutenção de um discurso de valorização da tarefa central a ser desenvolvida estritamente por esse grupo, ou seja, a definição da resposta que figurava nas cartas que seriam enviadas pelos membros da comissão (isto será melhor discutido posteriormente); o caráter preferencial da participação do grupo nas atividades em sala de aula; a disposição das carteiras, que os mantinha sempre ao centro; e a utilização de placas com os nomes e as profissões dos elementos da comissão nos lugares que deveriam ocupar, sendo este último motivo de grande satisfação para os estudantes. É importante mencionar esse cuidado, uma vez que envolveu a motivação do maior e mais importante grupo, cujo desinteresse poderia comprometer o sucesso da aplicação da atividade.

Durante as 16 aulas do projeto, as atividades foram organizadas da seguinte forma:

<b>Aulas 1 e 2</b>	Introdução e apresentação do jogo. Distribuição dos estudantes nos diferentes grupos.
<b>Aulas 3 e 4</b>	Definição quanto ao tipo de bomba que seria usada. Análise dos diversos tipos de energia e os danos que cada uma poderia causar. O que poderia ser usado em uma bomba?
<b>Aulas 5 e 6</b>	Discussão da Energia Nuclear. Análise do conhecimento necessário para a construção de uma bomba.
<b>Aulas 7 e 8</b>	Todas as vantagens do mundo: aula dos cientistas favoráveis à construção da bomba nuclear.
<b>Aulas 9 e 10</b>	Todos os riscos do mundo: aula dos cientistas contrários à construção da bomba nuclear.
<b>Aulas 11 e 12</b>	Debate entre os dois grupos de cientistas e jogo de perguntas e respostas sobre os conceitos já estudados.
<b>Aulas 13 e 14</b>	Julgamento final: a decisão do CETODES.
<b>Aulas 15 e 16</b>	Encerramento das discussões.

Para as consultas, a pesquisadora disponibilizou uma mesma lista de títulos a todos os grupos. Esta foi elaborada procurando atender a aspectos diferenciados do problema a ser tratado como a questão tecnológica da bomba e os princípios científicos utilizados, entre outros. Diferentes níveis de profundidade das discussões foram selecionados para que necessidades diversas pudessem ser atingidas. Entre eles, a pesquisadora levou para a classe as apostilas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), disponibilizadas na internet e elaboradas apropriadamente para esse público. Entretanto, para cada um dos grupos de trabalho, foi criado um dossiê, composto pela lista de bibliografias sugeridas e por todos os materiais que eles próprios conseguissem encontrar em suas pesquisas; alguns foram socializados, outros não. Dessa forma, constituiu-se um livro particular de trabalho.

Nas aulas 1 e 2 foram discutidos assuntos gerais quanto às atividades a serem realizadas, como a questão central a ser julgada, a função de cada grupo no jogo, o cronograma e o sistema de avaliação. Essas informações foram disponibilizadas aos estudantes em um dossiê entregue as equipes e que continha também as principais informações sobre a história. Esses documentos eram atualizados com anexos e pesquisas bibliográficas realizadas pelos participantes, à medida que eram incluídos no jogo.

Também nesse dia foi lida uma correspondência enviada pelo presidente do país de que faziam parte. Ela constava de uma síntese dos fatos acontecidos até aquele momento, de esclarecimentos sobre a função dos grupos e de uma solicitação aos membros do CETODES: a de que o mantivessem constantemente atualizado quanto às discussões. Para isso, esperava o envio de correspondências pessoais confidenciais de cada membro do grupo.

De modo geral, a estrutura das aulas seguintes incluía uma parte introdutória, utilizada pela pesquisadora (que no jogo era Gromsnik, um funcionário do governo) para fazer a leitura dos chamados boletins de atualização, pequenos textos lidos de forma explicativa e discutida, em que todos eram informados sobre os últimos acontecimentos referentes ao conflito. Para esse mesmo fim, também foram confeccionados dois mapas; um deles reproduzia uma vista completa do planeta e o outro, seguidamente utilizado, consistia em um recorte adaptado do mapa da Europa antes da Segunda Guerra, o que aparentemente não foi percebido pelos alunos em geral.

Antes da leitura das atualidades, Gromsnik costumava questionar o que os estudantes acreditavam que Puplitz, um suposto ditador que vinha tentando dominar muitos países de um continente (figura equivalente a Hitler), havia feito desde a última semana, fazendo com que fossem levantadas hipóteses e razões para as conquistas (a questão temporal foi suplantada, dizendo-se que o planeta possuía características diferentes da Terra, isto fazia com que anos para eles durassem algumas semanas para nós). Essa atividade mostrou-se muito interessante, principalmente a partir da sétima aula, quando um maior conhecimento sobre a situação do conflito permitia a problematização coletiva. Os alunos indagavam sobre o que fariam se tivessem o poder de decisão de Puplitz, qual deveria ser a próxima conquista. O acerto que ocorria com frequência implicava em grande interesse na classe, que discutia a propriedade ou não da opção. Mesmo sem perceberem, questionavam e discutiam com bastante fluência os acontecimentos históricos.

Os últimos 15 ou 20 minutos das aulas eram cedidos para reuniões de grupo que, no caso dos cientistas, eram utilizados para definir os passos tanto da sua própria aula quanto para a manipulação das informações liberadas ao jornal ou para elaborar as questões a serem formuladas no debate. Ao mesmo tempo, a pesquisadora dava acompanhamento individual aos membros do CETODES ou a cada um dos grupos, contando para isso com o auxílio das organizadoras. Também nesse intervalo, os jornalistas preparavam o material para o jornal,

faziam entrevistas e checavam informações. Já os membros da comissão escreviam cartas ao presidente, contando os acontecimentos do dia e se posicionando. Todas as cartas foram respondidas “pelo presidente Australégidos Astronômicos”.

Nas aulas 3 e 4 discutiu-se, através de problematização, uma lista de maneiras conhecidas de causar estragos a um objeto, da qual foram selecionadas aquelas convenientes para a apreciação dos tipos de energia. Os exemplos não contemplados espontaneamente foram introduzidos em uma conversa posterior, após o que se buscou obter as variáveis relevantes em cada uma das situações.

Em seguida e de forma participativa, foram discutidos os conceitos de *direta e inversamente proporcional*, que possibilitaram a análise das variáveis levantadas e a construção conjunta de esboços estruturais de equações.

Por último, os alunos em grupo receberam descrições de situações como: alguém sendo atingido por um vaso ao passar embaixo de uma janela; um atropelamento; uma mola que servia como brinquedo mas de repente escapa, batendo nos dedos de quem a manipulava. Com base nelas, foi solicitado que discutissem as formas de energia envolvidas, e a extensão dos danos causados, efetuando os devidos cálculos.

Ao final da aula, foram analisados em conjunto cada um dos tipos de energia debatidos, acordando que apesar de eficientes na função de causar estragos a objetos, não serviam à confecção de uma bomba. Assim, abriu-se espaço para a discussão da energia resultante de reações e processos químicos e, em seguida, a fissão nuclear, recuperada da aula sobre usinas e definida como a melhor opção.

Uma vez estabelecido o tipo de armamento a ser utilizado, as aulas 5 e 6 constaram de uma discussão mais detalhada sobre os princípios da construção de uma bomba nuclear. Abordou-se o tema composição atômica e nuclear, os conceitos de nêutron, fissão nuclear e reação em cadeia, as diferenças entre as usinas nucleares e a bomba, os combustíveis, os isótopos, o processo de enriquecimento do urânio e alguns outros conceitos trazidos pelos estudantes. Como já foi mencionado, a maior parte dos temas não era inteiramente nova.

Nas quatro aulas seguintes, além das atividades cotidianas (início e finalização comum das aulas) foram apresentadas as defesas por parte dos grupos de cientistas quanto a suas proposições. Havia primeiro uma explanação geral, seguida das perguntas do CETODES e, por último, a interferência dos jornalistas. O grupo de cientistas contrário à idéia que estivesse sendo apresentada não tinha direito à voz.

Nas aulas 11 e 12 registraram-se duas atividades muito interessantes: o jogo de perguntas e o debate. No primeiro, os estudantes foram colocados em seus grupos (o CETODES, por ser numeroso, foi dividido em subgrupos) e uma palavra de cada vez era lançada no quadro. Os que soubessem algo sobre ela deveriam se manifestar e, um a um, sugeriam uma resposta ou complementavam aquela oferecida pelo grupo anterior. A ordem de apresentação das respostas era definida por sorteio e os alunos contribuía até que fosse constituída uma definição completa e satisfatória. A riqueza dessa atividade esteve principalmente no fato de que foram retomados conceitos como energia, fissão nuclear, reação em cadeia, radiação e outros, em uma perspectiva coletiva. Além das informações virem exclusivamente dos estudantes, também discutiam a pertinência de uma conclusão ou a validade das respostas dadas, fazendo com que fossem questionadas as construções e problematizados os conceitos.

No caso do debate, a estrutura organizacional procurou reproduzir aquela usada nas emissoras de televisão durante os programas políticos. Cada grupo de cientistas pôde inicialmente expor de forma geral sua argumentação e em seguida iniciaram-se as questões. A equipe que fazia a pergunta deveria escolher quem a responderia. O grupo discutia por um minuto e

depois o membro selecionado, sozinho, manifestava a posição do conjunto. Cada estudante respondeu a uma pergunta. Por último, participaram os integrantes da comissão, trazendo as questões finais.

As aulas 13 e 14, como as demais, contaram com a leitura do boletim de atualização, de onde surgiram as informações históricas que ainda não haviam sido lançadas no jogo.

Em seguida, foi realizado o julgamento, com a explanação oral individual dos membros do CETODES, apresentando e justificando sua posição na última carta escrita e a decisão final que ainda podia ter sofrido modificações em função das últimas discussões. A contagem dos votos deu uma vitória arrasadora a favor da continuidade do Projeto Arbetritz.

O resultado trouxe comemorações por parte dos cientistas favoráveis à construção da bomba, que se julgaram vencedores do jogo, já que a escolha tinha sido a de dar continuidade ao Projeto. Também os membros do CETODES queriam saber se haviam “certado” em sua decisão.

A pesquisadora então evocou a história real, revelando os números das explosões que destruíram Hiroshima e Nagasaki. Lentamente, foram surgindo os detalhes que, no começo, geraram alguma confusão: faziam parte da realidade ou da ficção? Uma platéia perplexa e atenta ouviu uma recapitulação sobre o que vinham estudando há tantas semanas e de que modo isso se enquadrava na história. Foram abordados os mapas, os nomes dos países, as figuras importantes e todos os detalhes questionados.

Logo depois, foram discutidas as outras opções disponíveis, como a apresentada pelos cientistas contrários à pesquisa e construção da bomba – as armas químicas. Uma reflexão sobre o uso, os efeitos e as mortes já provocadas por esse tipo de armamento, levou à conclusão de que pode se tratar de algo tão devastador quanto uma bomba nuclear. Os alunos mostraram-se surpresos por terem associada a isto uma imagem ingênua de que provocava poucos problemas. Nessa hora, o professor titular da disciplina (que permaneceu como ouvinte durante toda a aplicação) foi importante, contribuindo com explicações relativas ao funcionamento biológico dos componentes constituintes das armas e os efeitos, no nível corporal e celular, dos compostos desenvolvidos.

A última parte da discussão incluiu as questões éticas. Diversos fatos ocorridos durante a aplicação foram utilizados como exemplos de discrepâncias entre o discurso comum a respeito do que vem a ser certo e errado e as atitudes tomadas sob pressão. Também se investigou o que pode ser relevante para a mudança de opinião dos sujeitos.

Esse exame teve como objetivo deixar claro que não havia posicionamento certo ou errado para o CETODES. Tratava-se, na verdade, da construção de uma opinião e da tomada coletiva de uma decisão que teria, inapelavelmente, prós e contras.

A aula final contou com uma retrospectiva dos itens tecnológicos desenvolvidos a partir das pesquisas nucleares para a bomba e daqueles que foram produzidos apenas pela pesquisa bélica. Em seguida, os estudantes assistiram a trechos de filmes que reproduziam tanto o ataque japonês à base de Pearl Harbor, quanto alguns episódios importantes do desenvolvimento do Projeto Manhattan: a discussão da comissão que foi representada no jogo pela equipe CETODES e uma simulação do teste realizado no deserto, quando explodiu a primeira bomba de plutônio.

### **Discussões sobre a aplicação do módulo**

De maneira geral, a conclusão é de que tanto durante a execução das tarefas pelos grupos, quanto nas exposições feitas pela pesquisadora, o nível de atenção dos estudantes foi muito bom, exceto no início dos trabalhos quando ainda não havia um amplo envolvimento das equipes com o jogo.



Os diferentes grupos apresentaram situações particularmente interessantes. Os cientistas favoráveis à construção da bomba, por exemplo, revelaram posteriormente que efetivaram intensa busca bibliográfica para encontrar as vantagens da construção da bomba, mas sem sucesso, dado o seu poder de destruição assustador. Por isso, focalizaram seus estudos principalmente no material disponibilizado pela pesquisadora (apostilas CNEN vai à escola – disponíveis em *www.cnen.gov.br*), fundamentando seus argumentos nas pesquisas que se desenvolveram periféricamente à bomba, como os usos da radiação na medicina tanto para o diagnóstico quanto para o tratamento de doenças. Assim, cumpriram com grande responsabilidade seu papel no jogo, defendendo com entusiasmo e competência sua posição.

Os cientistas contrários à construção da bomba enfrentaram um problema diferente. A complexidade da situação exigia algum tipo de solução e não foram capazes de encontrar qualquer outra, se não acatar aquela que apelava para a obtenção da defesa através de um arsenal bélico efetivo o suficiente para que fosse mantido o controle da situação. Depois de muita procura, inclusive com um grande volume de bibliografia trazido para a sala de aula e possivelmente influenciado pelos acontecimentos atuais como o conflito entre EUA e Iraque, o grupo sugeriu a pesquisa de armas químicas e biológicas, também apostando nos resultados periféricos trazidos por essa análise aparentemente menos danosa e mais barata. Essa argumentação foi apresentada pelos estudantes sem a ajuda da pesquisadora e mostrou-se bastante eficiente na busca de votos junto aos membros do CETODES.

Os jornalistas também enfrentaram dificuldades, algumas impostas pela pesquisadora com o objetivo de gerar discussões posteriores. A cada aula, preparariam um jornal, a ser apresentado no encontro seguinte. As informações disponíveis deveriam reproduzir os itens dos jornais comerciais incluindo reportagens, entrevistas e uma manchete estimulante, como forma de chamar a atenção dos possíveis leitores.

O problema dos jornalistas esteve em reunir material para a constituição das seções, pois as respostas dadas pelo presidente às cartas dos membros do CETODES incluíam a especificação de que se tratava de assunto confidencial e que, portanto, exigia deles o mínimo de sigilo e descrição. Da mesma forma, os cientistas foram procurados pela pesquisadora, que alertou para os riscos de serem fornecidos detalhes estratégicos aos membros do jornal, que fatalmente iriam publicá-los, permitindo ao grupo rival o estudo e o delineamento de estratégias para o convencimento dos integrantes do CETODES no momento da decisão.

Durante as reuniões de grupo, os integrantes do jornal fizeram espionagem e furto de cartas que provocaram a publicação de informações inventivas e fantasiosas, construídas com base no pouco que conseguiram descobrir. Por conta disso, as equipes mudaram de atitude e, ao invés de impedirem o acesso dos jornalistas, passaram a manipular a informação disponibilizada, usando criticamente a imprensa a seu favor. Aproveitaram-se da amizade entre os estudantes e principalmente da influência que alguns tinham junto ao grupo como fator determinante na atuação dos jornalistas. Esse episódio foi bastante útil como assunto na discussão da última aula quanto aos preceitos éticos e às atitudes tomadas sob pressão. O exemplo também foi usado para debater sobre o papel da imprensa e a necessidade de haver por parte dos leitores uma crítica cuidadosa ao que é disponibilizado como informação.

Os organizadores terminaram integrando-se a seus grupos e realizando também as tarefas específicas como relatórios de participação que auxiliaram no processo avaliativo, atualização constante do dossiê dos respectivos grupos a que pertenciam, e outros auxílios à pesquisadora.

Assim, o envolvimento geral dos alunos tanto com a história utilizada no módulo, quanto com as atividades desenvolvidas atestam não apenas a boa aceitação, mas a pertinência

e eficácia do módulo didático. Demonstrações de prazer e satisfação por parte dos estudantes em realizar atividades escolares constituem pré-requisito importante para a apreensão do conhecimento.

Uma preocupação constante foi a busca da imparcialidade nas discussões. Tanto em se tratando da escolha feita pelos alunos na votação sobre o futuro da pesquisa da bomba, quanto com pequenas ações, como o roubo que os jornalistas fizeram, o que se buscou foi uma associação entre esses fatos aparentemente tão compreensíveis dentro do contexto do jogo com outros que costumamos ver na imprensa e que parecem chocantes. Para isso, foram bastante importantes os momentos de discussão após ser revelado o caráter real dos fatos e uma conversa principalmente encaminhada pelos alunos quanto ao certo e o errado para conosco e para com os demais, o que acabou evoluindo para uma breve abordagem acerca dos conceitos de ética e leis. É possível, entretanto, que o objetivo não tenha sido atendido inteiramente, uma vez que se trata de um momento histórico de sentimentos e concepções extremados, passando pelo extermínio de judeus e culminando com a morte de uma grande quantidade de civis em uma ação única e inesperada com a bomba atômica. Mesmo na bibliografia especializada pode-se perceber, muitas vezes, análises que não conseguem se manter imparciais.

### **Materiais produzidos e entrevistas**

Um grande volume de materiais foi produzido pelos diferentes grupos ao longo das atividades. Particularmente interessantes foram os conteúdos das cartas escritas ao presidente do país de que faziam parte os estudantes e os jornais elaborados, muitas vezes surpreendentes.

Entre outros, o primeiro extrato selecionado refere-se ao problema já mencionado e vivido pelos jornalistas ao tentarem coletar material para a constituição das matérias do primeiro número. A indisponibilidade de informações provocou a publicação do seguinte texto:

*Os cientistas contra e a favor do projeto da superbomba foram proibidos de revelar qualquer informação a respeito deste. Apesar deste contratempo, alguns dos melhores jornalistas de Hanapse obtiveram informações confidenciais [...].*

*Esta imposição de silêncio absoluto foi feita pelo presidente de Whatahan, alegando ser a melhor maneira de manter a população calma e vivendo normalmente seu dia-a-dia, mas será isto correto? Os cidadãos não têm o direito de saber o que ocorre? [...]*

*Enquanto a guerra se espalha pela Eunásia, nosso futuro está nas mãos do CETODES (organização elaborada para tomar decisões), [...] não somente suas opiniões devem ser avaliadas, todo o povo deve se impor e decidir o futuro de nosso país, o futuro desta guerra!*

*Hanapse – O jornal que é uma bomba e explode notícias!*

É interessante mencionar que boa parte desse material foi elaborado ainda na classe, minimizando o risco de que a equipe pudesse ter recebido auxílios externos. Além desse “desabafo”, publicaram também a seguinte nota na mesma edição do jornal:

*O único argumento dos cientistas a favor apresentado até agora foi de que o único jeito de acabar com a guerra é com a mesma forma que ela nos trata, jogando uma bomba e matando todos. Qual a possibilidade de acabar com a guerra sem esta bomba nuclear?*

*Hanapse – O jornal que é uma bomba e explode notícias!*

Seguia-se a ela uma matéria questionando a significação dos argumentos adotada pelos cientistas, o que provocou, para a edição seguinte, a elaboração por parte da equipe atendida pelas críticas de uma carta bastante interessante, destinada aos membros do CETODES, que dizia:

*Caros Doutores(as)*

*Tendo em vista a expansão dos poderes políticos e territoriais do terrorista, tirano Puplitz, acreditamos que por autodefesa devemos possuir uma arma poderosa contra possíveis ataques, [...] acreditamos que assim obteremos respeito perante o mundo.*

*Mas para que respeito?*

*Acreditamos que com respeito e dignidade será muito mais fácil obter acordos, arrecadar verbas e nos impormos mundialmente. Me diga que país chega à liderança do mundo sem se impor, sem ter defesa? O nosso principal objetivo é acabarmos com a guerra na Eunásia, pois nos afeta economicamente e traz risco de expansão para os nossos lados.*

*Tendo um avanço tecnológico, acreditamos na cultura e história de vida de nosso país, que ajudariam indústrias e empresas, consequentemente alterando para melhor a condição de vida de cada cidadão.*

*Projeto Arbetriz\**

Também nas cartas encaminhadas pelos membros do CETODES ao presidente, vários excertos poderiam ser destacados. A maioria, por revelarem o envolvimento dos estudantes para com a atividade realizada. Entre eles, foram selecionados três.

*Eu sofro em saber que milhões de pessoas estão morrendo, mas temos que mostrar para todos que nós (de Whatahan) também estamos lutando pelo nosso espaço e que não somos covardes.*

*Pâmela – CETODES*

*[...] estive pensando durante esse tempo algumas outras maneiras para destruímos o Puplitz sem ter que matar pessoas inocentes [...] não gostaria de fazer uma bomba sabendo que irá matar um monte de gente.*

*Arthur – CETODES*

*Ao pensar em minha casa sobre construir ou não construir a bomba, vieram certos flashes das reuniões que tivemos com os cientistas.*

*Danielle – CETODES*

Pode-se destacar também a questão dos conteúdos. Vários alunos mencionaram nas correspondências explicações rudimentares da fissão nuclear. Para isso, alguns utilizaram esquemas ou explicações, outros, visivelmente material vindo de alguma pesquisa externa, uma vez que os conceitos não foram enfatizados com o tipo de abordagem dado durante as aulas.

---

\* Assinatura utilizada pelo grupo de cientistas favoráveis ao projeto.

*[...] fissão nuclear é: quando um nêutron livre é jogado em alta velocidade se chocando com um átomo grande criando mais dois átomos pequenos e liberando mais nêutrons, se isto não for controlado causa uma reação em cadeia (que é o processo da bomba) liberando altas quantidades de radiação.*

*Andrey – CETODES*

Ainda sobre os conteúdos, pode-se mencionar o volume e a profundidade das perguntas feitas em aula, que não raras vezes forçaram pesquisas externas e algum investimento, procurando explicações capazes de clarificar ao público em questão, pontos obscuros como o processo através do qual os isótopos são separados ou como são produzidas e funcionam as bombas de magnésio. Perguntas como essas revelam mais uma vez indícios de pesquisas extra-classe, já que abordam questões não enfatizadas na discussão em sala de aula. Essa hipótese foi corroborada nas entrevistas.

Deve-se ainda ressaltar uma atividade não planejada e que gerou frutos interessantes: a tentativa de previsão das ações do tirano Puplitz. No início das aulas, tornou-se habitual perguntar à classe o que fariam se coubesse a eles o encaminhamento da guerra, o que sempre gerou extensas conversas direcionadas pela pesquisadora. Em uma ocasião particular, quando Puplitz consegue o apoio da Síria (país equivalente à Rússia), uma das estudantes comentou na carta o seguinte:

*Não esperava-se tal reação do ditador. Sua esperteza nos contraria. Ele tomou conta de grande parte dos países [...] fora seus aliados [...] que já tirando conclusões pretende enganar e dominar.*

*Luiza – CETODES*

Essa previsão foi acertada, como várias outras feitas oralmente nas aulas.

Houve ainda algumas participações orais ou mesmo através das cartas, representativas quanto ao envolvimento estabelecido pelos alunos com o jogo. Um dos membros do grupo de cientistas favoráveis ao projeto perguntou, por exemplo, quem os auxiliaria nas pesquisas e como seria encaminhada a verba, caso o CETODES concordasse com sua liberação. Segundo ela, isto não deveria ocorrer através da comissão, uma vez que era composta por estudantes. Essa questão foi respondida procurando-se reproduzir a situação real, em que uma comissão militar cuidou da administração do Projeto Manhattan. Um outro membro do CETODES escreveu ao presidente perguntando se havia um saldo a ser liberado às pesquisas. Durante a aula, perguntou se ele não poderia ser dividido em uma fase inicial até que fossem verificadas as reais possibilidades de construir a bomba nuclear.

Para as entrevistas semi-estruturadas foram selecionados estudantes, alguns por motivos específicos, como uma atenção extrema para com as atividades, outros pela razão inversa. Também foram considerados a atuação no jogo de perguntas das aulas 11 e 12, o material escrito produzido e o envolvimento com o jogo de forma geral. Entre os 42 participantes, 16 foram entrevistados, sendo 4 em uma fase piloto, para testar a pertinência das perguntas, o que provocou alterações no plano inicial de questões. Devido a problemas técnicos, uma das entrevistas apresentou grande quantidade de ruídos externos, e por isso foi descartada.

As perguntas procuraram investigar a percepção e opinião dos participantes quanto às atividades em uma análise comparativa com as aulas tradicionais. Procuraram também observar as mudanças sofridas ou não na opinião deles quanto à utilização da bomba, bem como verificar a existência de pesquisas extraclasse, sendo este último um ponto de grande

interesse da pesquisadora. Os extratos a seguir correspondem à avaliação dos estudantes das atividades durante o módulo didático.

*Elas [as aulas] exigiam atenção do mesmo jeito, mas tu poderias prestar atenção melhor. Prestar até mais atenção porque é um jogo e tu queres saber mais, brincar mais!*  
Jorge – CETODES

*Aqui [no jogo] a gente tem que ter responsabilidade também, só que é mais divertido.*

Ana Paula – Organizadora

*A professora interagiu mais com os alunos, aí a participação foi maior, da professora também. E a gente teve mais trabalho do que nas outras aulas que é só teoria e prova.*  
Bruno – Jornalista

*Percebi bastante diferença porque envolveu bastante coisa com cultura, a ciência mesmo, em uma maneira diferente de aprender que é com um jogo. Todo mundo se envolve. Tem diferentes papéis, diferentes funções dentro dele.*

Daniela S. - Cientista Contrária ao Projeto Arbetritz

*Começou assim, era diferente porque tinha brincadeira, os nomes [...]. Depois eu comecei a pensar que tu não ias fazer aquilo tudo por nada. Que tinha alguma coisa por trás e fiquei curiosa.*

Danielle R. – CETODES

A questão do interesse e da pesquisa fora da classe foi bastante ressaltada por três estudantes em particular, que disseminaram o conteúdo das discussões entre a família e alguns amigos, levantando questões e conversas que terminaram por alimentar as aulas do módulo. Parte de suas respostas está descrita a seguir.

*Eu comentei lá em casa isso [o jogo] e a minha irmã me contou o que era. Daí eu comecei a ler sobre a Segunda Guerra, sobre o Hitler, como ele era. Eu também procurei na internet e minha irmã perguntou algumas coisas para as amigas dela, foi bem legal!*

Vanessa – CETODES

*Eu estava fazendo um trabalho sobre o Jimmi Hendrix que é da mesma época. Daí li que ele estava se rebelando contra as guerras e nós (membros do CETODES) demos uma olhadinha sobre como funcionavam as coisas. A energia, o que aconteceu. Fiquei conversando com a estudante X (também membro do CETODES) (que disse) é a história de Hitler. Até o nome lembra. E contei também para o meu tio que me contou toda a história de verdade.*

Luíza – CETODES

*A gente [os jornalistas] precisava estudar para colocar [no jornal] não só o que a gente achava, mas a verdade também.*

Pedro – Jornalista

E também importante ressaltar o teor de alguns posicionamentos, para que fique clara a imparcialidade das discussões. Em nenhum momento procurou-se conceituar opiniões certas e erradas, embora a questão do risco e da responsabilidade tenha sido freqüentemente enfatizada.

*Antes eu era contra porque não sabia as vantagens e desvantagens. Agora sabendo disso sou a favor.*

*Andrey – CETODES*

*Sempre acreditei que foi injusto [jogar] a bomba porque um monte de gente inocente morreu. Só que por outro lado, eu defenderia meu espaço, o lugar onde eu vivo. [Com o jogo] aumentou até um pouco mais a dúvida de qual atitude tomar.*

*Luiza – CETODES*

*Antes eu era contra mas não sabia porque, não sabia como. Aí depois eu vi exatamente o que era esta bomba, eu vi o que podia fazer, então [...] agora tenho meus motivos [...].*

*Esse jogo contou as coisas e o pessoal deu uma opinião. Mas quando botou para a realidade, falaram: nossa, eu fiz isso? Não. Foi uma maneira de demonstrar que as pessoas não estão bem conscientes do que elas querem mesmo.*

*Daniela S. – Cientista Contrário ao Projeto Arbetritz*

*Eu pensava no mais fácil, construir ou não. Só para ganhar nota, ficar brincando na sala porque era obrigatório. Depois eu vi que era melhor não construir porque poderia matar um monte de gente [...]. Esse jogo mexe muito com a cabeça da gente.*

*Dabriely – Cientista favorável ao Projeto Arbetritz*

Foram reveladores ainda dois pontos: a percepção dos estudantes quanto ao envolvimento da pesquisadora que procurou, durante toda a ação, minimizar a hierarquia imposta no ambiente escolar, participando e descobrindo junto com os estudantes respostas a muitas das perguntas. Isso materializou-se mais especificamente na fala de um dos estudantes:

*O ponto mais positivo foi o professor integrado com os alunos, quebrando aquela regrinha do professor falando e mandando. Isso foi bem legal.*

*Bruno – Jornalista*

O outro ponto foi uma reclamação constante em duas entrevistas. A interdisciplinaridade e a contextualização oferecem um desenho às atividades, que apresenta os conteúdos de forma indireta, não sendo esta a única preocupação. Por essa razão, estudantes habituados ao modelo convencional, e que não tenham sido alertados quanto à opção metodológica (e não o foram propositadamente), percebem a ausência das fórmulas, tarefas convencionais, listas de problemas e provas. Isto ficou claro em duas das entrevistas:

*A professora explicou bem, eu gostei bastante das aulas, mas acho que faltou mais física. Chamar mais para o quadro, mandar fazer exercício, estas coisas.*

*Pedro – Jornalista*

*Acho que a matéria mesmo ficou um pouquinho falha, que o jogo era mais cultural, mas acho que isso deve ter sido o objetivo.*

*Daniela S. – Cientista Contrário ao Projeto Arbetritz*

Nesse sentido e considerando que essa foi uma opção consciente da pesquisadora, a opinião dos estudantes é compreensível, mas não relevante, enquanto crítica à ação.

### **Conclusões e perspectivas**

As conclusões não poderiam ter início de outra forma, senão versando sobre o principal objetivo aqui presente: defender firmemente uma concepção bastante específica de educação, exemplificada na elaboração e implementação do módulo didático e a análise feita anteriormente, que mostra a abertura e receptividade da escola e dos estudantes à proposta. Da mesma forma, confirma que bons resultados podem ser obtidos a partir de uma abordagem participativa e diferenciada, superando o mau desempenho, o desinteresse e a reclamação frequente dos professores nas aulas expositivas.

Também parecem ter sido atendidos diversos objetivos do movimento CTS (Hofstein, et al. 1998), como o exercício da comunicação oral e escrita e do pensamento lógico e racional para a solução de problemas forçando o posicionamento individual, a valorização da tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo em atividades grupais, o exercício da responsabilidade social através da discussão da ética na tomada de decisão e da relação custo-benefício do progresso científico, o exercício da cidadania trazendo à tona uma decisão integralmente tomada por membros da sociedade, a flexibilidade cognitiva no envolvimento de diferentes aspectos da ciência e o incremento do interesse em atuar em questões sociais através da verificação dos resultados dessas decisões no cotidiano mundial.

Mais do que atender especificamente a exigências teóricas, esses objetivos foram considerados por plena crença de que são relevantes e viáveis em um modelo de educação desejável e possível. Um apoio substancial a essa suposição pode ser encontrado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que, em nossa interpretação, corroboram plenamente as discussões aqui mencionadas.

Assim, vários objetivos dos PCNs também foram contemplados, dentre os quais pode-se destacar a preocupação com a ética e o desenvolvimento de valores e atitudes, presentes no módulo didático através da constante discussão da propriedade ou não das decisões tomadas. Eram considerados, a todo momento, o risco de morte imposto a muitos inocentes pela perspectiva da bomba como contrapartida da necessidade de decisões objetivas para finalizar o conflito. A importância dada pelos estudantes a esses aspectos ficou bastante clara no material escrito produzido durante as atividades. É preciso que a escola valorize as preocupações éticas mais facilmente encontradas nas crianças, antes que o mercado se encarregue de devorá-las.

Ainda sobre os PCNs, é patente a questão da interdisciplinaridade. A busca pela apreensão e utilização do conhecimento está nas linhas e entrelinhas da recomendação oficial e procurou-se fazê-lo também neste trabalho, no qual esteve presente, entre outras coisas, a atenção a questões como a percepção de que a relação cristalizada entre o mau-humor e a atividade escolar não é condição intrínseca ao aprendizado. Reestruturar essas relações, valorizando uma convivência mais afável entre os jovens e o saber através do incremento da curiosidade científica, do gosto e valorização da pesquisa bibliográfica, da percepção da importância da regra culta da língua, seriam heranças importantes, tanto por si mesmas quanto pela atitude desenvolvida a partir delas. Mais uma vez, a organização das atividades visava criar condições

propícias para uma educação que acontece ao longo de toda a vida, e independente da instituição escolar. A convicção subjacente é a de que tal processo seria grandemente vantajoso para os indivíduos envolvidos.

Vale atentar também para a necessidade do exercício de descentralizar o poder atribuído ao professor pela estrutura escolar, fundamental para um processo integral de mudança. O respeito deve ser qualidade intrínseca de toda relação e pode ser desvinculado de qualquer hierarquia imposta. O módulo de ensino mostrou, ao menos nessa aplicação, que essa mudança pode ser implementada sem perda da atenção ou disciplina dos estudantes. Trata-se simplesmente de oferecer motivos razoáveis para as solicitações da estrutura escolar. Assim, o silêncio não é imposição, mas necessidade para que sejam recebidas informações importantes para a realização das tarefas a que todos se dispõem conscientemente nas aulas. O preparo cuidadoso das palestras representa a possibilidade de apresentação de idéias relevantes e não uma exigência em troca de boas notas.

O foco de interesse dos alunos deve literalmente abandonar o ganho quantitativo de nota (desvalorizado na política atual que simpatiza com a promoção contínua) para repousar sobre a realização de tarefas que implicam na aquisição e discussão contextualizada do conhecimento científico. A crença de que é possível transformar qualidades subjetivas como o conhecimento e a inteligência em valores numéricos, é ingênua e imprecisa. É compreensível que, na falta de melhores instrumentos, a escola a tenha adotado. No entanto, aceitar a mesma proposição em pleno século XXI e mantê-la como uma unanimidade beira o absurdo!

Uma estrutura escolar engessada, provoca o extravio de recursos humanos através do desperdício de muitos talentos, como as habilidades físicas e manuais ou facilidades de gerenciamento e relacionamento muitas vezes impressionantes, desenvolvidas naturalmente pelos estudantes. Não se pode deixar de mencionar quantas vezes essas qualidades serão mais importantes na vida futura dos jovens do que o dez tirado na prova de cinemática da 8ª série do Ensino Fundamental.

O objetivo da crítica não é, de forma alguma, desmerecer o papel importante da escola. Procura-se apenas lembrar que os processos sociais são dinâmicos e a escola precisa assumir as alterações que a sociedade vem há anos exigindo. Formar os jovens é mais do que oferecer discussões recortadas de itens conceituais disciplinares.

É por acreditar nisso que se buscou envolvê-los com o conhecimento científico no módulo didático apresentado e, uma das conclusões deste trabalho consiste no fato de que isso é viável.

Especificamente sobre a aplicação do módulo, parece ter ficado claro que os participantes tiveram ganhos conceituais, independente de a origem ser o conhecimento científico, a ética, a história, a geografia, a língua portuguesa ou estar vinculada ao exercício de concatenação desses saberes. Uma vez que se adota a compreensão de uma realidade interdisciplinar, torna-se necessário um conhecimento complexo, no sentido adotado por Morin (Samagaia, 2003).

Entrevistas realizadas com o grupo mostraram também ter havido ampla pesquisa bibliográfica de conteúdos específicos de ciência, possibilitando que o trabalho docente se concentrasse em organizar as atividades e incentivar a curiosidade dos estudantes, despertando neles o interesse autônomo pela ciência.

Entre as perspectivas inexploradas utilizando o mesmo contexto abordado, permanecem fatos tão relevantes e ricos pedagogicamente quanto os selecionados na elaboração do módulo didático. Como exemplo, o genocídio dos judeus nos campos de concentração durante a Segunda Guerra Mundial, tão injustificável e questionável quanto as explosões de



Hiroshima e Nagasaki, poderia ser problematizado por novas histórias que o pusessem na pauta de discussão. Como bem mencionado por Adorno (1985) no clássico *Educação após Auschwitz*, é muito importante que se faça a discussão cuidadosa e consciente dessas questões, para proteger as crianças de análises tendenciosas e recortadas, que podem construir uma imagem irreal e preconceituosa com relativa facilidade. É preciso trabalhar pela preparação de uma nova consciência, estruturada e firme, para que o massacre jamais se repita.

Também não foram explorados os interessantes aspectos pessoais de um dos mais cruéis e contraditórios ditadores da história da humanidade. Hitler era um artista talentoso e um estrategista invejável que contagiou multidões, destruiu inimigos maiores e exércitos mais numerosos que os dele, mas poupou importantes regiões da França devido a seu inigualável acervo cultural. Explorando esse argumento, pode-se problematizar os estereótipos do herói e do bandido que a modernidade insiste em sustentar.

Encorpam ainda a lista de possibilidades o restante do arsenal bélico desenvolvido no mesmo período histórico abordado neste trabalho: os mísseis V-2 alemães são “obras-primas” da tecnologia contemporânea que poderiam promover discussões científicas bastante produtivas. Quanto às armas químicas, que terminaram auxiliando no desenvolvimento dos agrotóxicos atuais, o tema poderia abordar a sua constituição química e a ação sobre o corpo humano tanto durante a utilização (exemplificada na morte por causas supostamente desconhecidas de muitos trabalhadores rurais), quanto depois de alguns meses nos vegetais de cores vivas e brilhantes encontrados diariamente nos supermercados e feiras das cidades. Pode-se pensar ainda nos tanques de guerra que inspiraram os atuais modelos de tratores, nos aviões U2, pioneiros na arte de tornar-se invisíveis aos radares, nas câmaras de gás utilizadas nos campos de concentração, mencionando os componentes químicos utilizados e sua ação, além de todo o pós-guerra, da corrida armamentista e dos usos da energia nuclear apenas mencionados nesse módulo. Enfim, são inúmeras as possibilidades plenas de descobertas de relevância atual e de conhecimento científico contextualizado.

Em se tratando da metodologia, são potenciais instrumentos os trabalhos de escritores consagrados que produziram obras monumentais, como os poemas do alemão Bertold Brecht (Souza, 2000), plenos de sutileza e informação. Há ainda muitos outros poetas e escritores cujos trabalhos poderiam ser explorados com ganhos para focar mais especificamente a norma culta da língua, além de trazer muitas vezes informações históricas formidáveis escondidas nos versos plenos de beleza e sonoridade. Isso auxilia no despertar da sensibilidade e da compreensão dos estudantes para um tipo muitas vezes pouco cotidiano de arte, sem qualquer impedimento ao associá-lo a alguns dos conhecimentos científicos acima mencionados.

Todos os pontos enfocados têm um mesmo objetivo: utilizar o tempo dedicado à escola, assim como a sua estrutura, para formar os indivíduos em diferentes aspectos. Ensinar a ser crítico, a respeitar regras, a participar do modo que se mostrar individualmente mais conveniente dos processos coletivos, isso dentro da já mencionada atmosfera de conhecimento científico e de sua valorização como importante fonte de esclarecimento. São formas de amplificar o conceito de formação e otimizar a importância da instituição escolar, dando a ela um sentido mais real.

Criar situações em que o conhecimento é a chave para a solução de problemas, estimular os estudantes a trabalharem autonomamente com a transformação desse conhecimento em argumentos convincentes no jogo da vida, deixando-os livres para ter predileções quanto aos pontos mais importantes e fazer com que acreditem que nos livros há informações úteis e relevantes, entre outras coisas, são, certamente, ações que deixam marcas em um espírito em formação.

A crença na possibilidade de uma alteração drástica na realidade escolar motivou este trabalho e justificou o desenvolvimento do módulo de ensino. O desafio continua convivendo a todos.

### **Agradecimento**

Os autores agradecem à Gisele Iandra Pessíni Cinater pela revisão textual deste artigo.

---

### **Referências**

- ADORNO, T. *Educação e Emancipação*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- AIKENHEAD, G. S. An analysis of four ways of assessing students beliefs about STS Topics. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 25, n. 8, 1988.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais - terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- \_\_\_\_\_. *Parâmetros curriculares nacionais: ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BUTOW, R. J. *Japan's decision to surrender*. Stanford: University Press, 1958.
- CRUZ, D. *Ciências e educação ambiental: química e física*. São Paulo: Ática, 2000.
- CRUZ, S. M. S. C. S. *Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com o enfoque ciência, tecnologia e sociedade no ensino fundamental*. 2001. 247 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- CRUZ, S. M. S. C. S.; ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. cap. 8, p. 171-196.
- DELORS, J. et al. *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC, 2001.
- FEYNMAN, R. P. *Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!* Brasília: Ed. da UnB, 2000.
- HOBBSAWM, E. *Era dos extremos: o breve século XX: 1914-1991*. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- JUNGK, R. *Brighter than a thousand suns: a personal history of the atomic scientists*. Londres: Penguin Books, 1958.
- MORIN, E. *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez, 2000.
- \_\_\_\_\_. *Amor, poesia, sabedoria*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- MORIN, E.; LE MOIGNE, J. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Ed. Fund. Peirópolis, 2000.
- RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. As ciências no ensino médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos parâmetros curriculares nacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, 2002.
- RODRIGUES, M. F. D. *O uso de role-play e dramatização no ensino de física do 2º grau: quatro casos em estudo*. 1993. 212 f. Dissertação (Mestrado em Educação)- Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.
- SAMAGAIA, R. *Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental: interdisciplinaridade e ação em sala de aula*. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Física moderna no ensino fundamental: um módulo didático interdisciplinar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. *Anais..* Curitiba, 2003.
- SOLOMON, J. The discussion of social issues in the science classroom. *Studies in Science Education*, Leeds, v. 18, 1990.
- SOUZA, P. C. *Bertolt Brecht: poemas, 1913-1956*. São Paulo: Ed. 34, 2000.
- WATTS, M. et al. Event-centred-learning: an approach to teaching science technology and societal issues in two countries. *International Journal of Science Education*, London, v. 19, n. 3, 1997.

**Artigo recebido em novembro de 2003 e selecionado para publicação em maio de 2004.**