

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

GOIÂNIA, TCHERNOBYL E A TECNOLOGIA NUCLEAR: A
INFORMAÇÃO CIENTÍFICA ENTRE ALUNOS DO 2o. GRAU.

Eliana dos Reis Nunes

Orientador: Dr. ARDEN ZYLBERSZTAJN

Florianópolis, Santa Catarina


maio, 1991

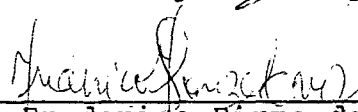
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

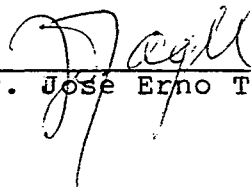
"GOIÂNIA, TCHERNOBYL E A TECNOLOGIA NUCLEAR:
A INFORMAÇÃO CIENTÍFICA ENTRE ALUNOS DO 2º
GRAU"

Dissertação submetida ao Colegiado
do Curso de Mestrado em Educação
do Centro de Ciências da Educação
em cumprimento parcial para a ob-
tenção do Título de Mestre em Edu-
cação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 24/05/91.


Prof.Dr. Arden Zylbersztajn - Orientador


Prof.Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz


Prof.Dr. José Erno Taglieber

Eliana dos Reis Nunes

Florianópolis, Santa Catarina
maio, 1991.

Aos meus pais,

Wilson (in memoriam) e Cecília,

meus primeiros mestres, que muitas vezes renunciaram
aos seus sonhos para que os meus se realizassem.

A G R A D E C I M E N T O S

Desejo manifestar aqui, os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, meu Pai, pelo dom da vida.

Ao Dr. Arden Zylbersztajn, orientador, meu especial agradecimento pelo incentivo e dedicação durante todas as etapas deste trabalho.

Aos professores, funcionários, colegas e amigos do Curso de Mestrado em Educação da UFSC, que me apoiaram nesta caminhada.

Ao Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina e ao PADCT/SPEC - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Subprograma Educação para a Ciência, meus agradecimentos pelo apoio e suporte financeiro, possibilitando condições para a realização deste trabalho.

Aos diretores e diretoras das escolas selecionadas que permitiram a participação de seus alunos neste trabalho, as orientadoras educacionais de cada estabelecimento pela seleção dos alunos e a estes alunos que aceitaram ser entrevistados, o meu muito obrigada.

Aos meus filhos Daniel e Inês, que com paciência, entusiasmo e carinho me acompanharam nesta jornada.

E finalmente, agradeço ao Reynaldo esposo, amigo e companheiro de todos os meus momentos, pelo amor, compreensão, incentivo e apoio na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	11
Origem do Trabalho	11
Objetivos	13
Justificativa e Relevância	13
Síntese dos Capítulos do Trabalho	14
1. EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO GERAL	16
1.1. Tendências Pedagógicas na Educação Brasileira	17
1.1.1. Pedagogia Liberal	17
1.1.2. Pedagogia Progressista	22
1.2. A Ciência e a Tecnologia na Educação do Homem Moderno	27
1.2.1. Ensino com Ênfase em Ciência-Tecnologia- Sociedade	28
1.3. A Cultura Científica Brasileira e o Ensino de Ciências	30
1.4. Educação Científica	35
1.4.1. Ensino de Ciências	37
1.5. Ensino de Ciências com Abordagem Construtivista	39
1.5.1. Concepções Alternativas	40
1.5.2. Pesquisas sobre Concepções Alternativas	42
2. TECNOLOGIA NUCLEAR: ASPECTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS E POLÍTICO-SOCIAIS	45
2.1. Breve Histórico	45
2.1.1. A Era Nuclear	48
2.1.2. Situação Atual	51

2.2. Aplicações da Tecnologia Nuclear	52
2.2.1. Aplicações Bélicas	52
2.2.2. Aplicações Pacíficas	54
2.3. A Questão Nuclear no Brasil	61
2.3.1. Antecedentes	61
2.3.2. Acordo Nuclear Brasil-Alemanha	66
2.3.3. Programa Paralelo	68
2.3.4. Controvérsias	70
2.3.5. Situação Atual do Programa Nuclear Brasileiro	73
2.4. Os Acidentes Nucleares e Radioativos	76
2.4.1. Tchernobyl	78
2.4.2. Goiânia	82
3. METODOLOGIA E FASES DA PESQUISA	84
3.1. A Entrevista como Técnica de Pesquisa	86
3.2. Fases da Pesquisa	90
3.2.1. 1a. Fase: Planejamento e Elaboração	90
3.2.2. 2a. Fase: Aplicação de um Teste-Piloto	91
3.2.3. 3a. Fase: Aplicação do Roteiro de Entrevistas	92
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	96
4.1. 1o. Foco: Acidente em Goiânia	98
4.2. 2o. Foco: Acidente em Tchernobyl	108
4.3. 3o. Foco: Usinas para a Geração de Energia Elétrica	114
4.4. 4o. Foco: Artefatos Bélicos	131
4.5. 5o. Foco: Aplicações Pacíficas da Tecnologia Nuclear	139
4.6. 6o. Foco: O Brasil e a Tecnologia Nuclear	141

4.7. Nível de Informação sobre a Tecnologia Nuclear por Sexo e Desempenho Escolar	146
4.8. Sumário dos Resultados e Comentários	153
5. IMPLICAÇÕES CURRICULARES	157
5.1. A Ausência da Problemática Nuclear no Currículo do 2o. Grau	157
5.2. Atualidade da Problemática Nuclear	159
5.3. Caminhos para Introdução da Temática Nuclear	162
5.3.1. Fragmentação	162
5.3.2. Integração	163
5.3.3. Algumas Dificuldades para Aplicação	167
5.4. Considerações Finais	168
APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA	171
APÊNDICE B - GLOSSÁRIO DE TERMOS NUCLEARES	178
BIBLIOGRAFIA	196

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1. Informações dos Alunos Entrevistados Relativas as Variáveis Sexo e Desempenho Escolar	148
TABELA 4.2. Informação dos Alunos sobre o Acidente de Goiânia Relativa a Variável Sexo	149
TABELA 4.3. Informação dos Alunos sobre o Acidente de Tchernobyl Relativa a Variável Sexo	149
TABELA 4.4. Informação dos Alunos sobre as Usinas Nucleares Relativa a Variável Sexo	149
TABELA 4.5. Informação dos Alunos sobre as Bombas Atômicas Relativa a Variável Sexo	150
TABELA 4.6. Informação dos Alunos sobre o Acidente de Goiânia Relativa a Variável Desempenho	151
TABELA 4.7. Informação dos Alunos sobre o Acidente de Tchernobyl Relativa a Variável Desempenho	151
TABELA 4.8. Informação dos Alunos sobre as Usinas Nucleares Relativa a Variável Desempenho	151
TABELA 4.9. Informação dos Alunos sobre as Bombas Atômicas Relativa a Variável Desempenho	152

RESUMO

O tema central desta dissertação é a investigação das concepções que alunos concluintes do segundo grau têm a respeito de aspectos relacionados com a tecnologia nuclear. Uma amostra de 34 alunos de escolas públicas da cidade de Florianópolis foi entrevistada no segundo semestre de 1988. Das entrevistas constatou-se um baixo nível de informação de natureza técnico-científica a respeito da problemática nuclear, ao lado de posicionamentos definidos quanto aos aspectos político-sociais. Verificou-se também, que o assunto não é tratado regularmente nos currículos escolares e que a maior parte das informações dos alunos veio através dos meios de comunicação de massa (principalmente a televisão) devido à ocorrência recente dos acidentes nucleares em Goiânia e Tchernobyl. O trabalho discute o papel da educação científica nas escolas brasileiras, apoiando-se em um referencial teórico que considera as tendências pedagógicas na educação brasileira. Defende-se ainda, a necessidade de se incorporar a temática nuclear aos currículos de segundo grau propondo-se, para isto, um enfoque integrado e centrado em eventos.

ABSTRACT

The central theme of this dissertation is the investigation of final year secondary school students' conceptions have about aspects related to nuclear technology. A sample of 34 students from state schools in the city of Florianopolis were interviewed during the second semester of 1988. The findings show a low level of information about scientific and technical aspects of the nuclear problem. At the same time they have defined views concerning its political and societal issues. It was also verified that this subject is not regularly included in the curriculum, and that most of their information came through the media (mainly television), due to the recent occurrence of the nuclear accidents in Goiania and Chernobyl. The role of scientific education in schools is discussed, drawing on a theoretical framework that considers pedagogical tendencies in Brazilian education. An argument is made for the necessity of including nuclear issues in secondary school curriculum, and an integrated and event centered approach is proposed.

INTRODUÇÃO

Origem do Trabalho

Este trabalho começou a ser considerado logo após o acidente ocorrido em Goiânia, capital do Estado de Goiás, no final de 1987. Naquela ocasião, já havia por parte da autora uma preocupação com a pouca disseminação dos conhecimentos referentes à utilização de energia nuclear no Brasil. Esta preocupação veio a se acentuar a partir da constatação da falta de informação das pessoas envolvidas diretamente no acidente radioativo, assim como, do pouco esclarecimento proporcionado pelos meios de comunicação de massa para a população em geral.

O debate sobre energia nuclear não é recente. Este tipo de energia vem sendo questionada desde que foi produzida verdadeiramente a primeira reação em cadeia controlada, em dezembro de 1942. No Brasil, a energia nuclear começou a ser debatida, principalmente, a partir da decisão governamental de construir uma usina nuclear - Angra I - perto da cidade de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. Os debates se acentuaram ainda mais, com o Acordo Brasil-Alemanha.

Os principais pontos questionados nesses debates foram: a dependência externa que poderia vir a ocorrer; a necessidade, propriamente dita, dessas usinas nucleares para a geração de energia elétrica, levando em conta o potencial hídrico do país e; uma futura utilização de toda a tecnologia nuclear para fins militares (bélicos). Essas discussões foram intensificadas após a ocorrência dos acidentes em Tchernobyl, na Rússia (1) e em Goiânia, no Brasil (2). Agora, a ênfase recaía nos problemas de segurança associados à tecnologia nuclear.

1. Cf. p. 78-82.

2. Cf. p. 82-83.

De todos esses debates, ficou a pergunta, até que ponto a população teve condições de acompanhá-los? Deixando à parte a população de baixo nível instrucional, acredita-se que pelo menos a população escolarizada a nível de 2o. grau - que teve contato com disciplinas tais como: Física, Química, Biologia, Geografia, DSPB além de Sociologia - deveria ter essas condições.

Deste modo pensou-se, inicialmente, em investigar as concepções que alunos do 2o. grau tinham a respeito dos aspectos técnico-científicos e político-sociais ligados a utilização da tecnologia nuclear. Para isto, tomou-se como base as seguintes hipóteses de trabalho:

- a) A educação formal não está se preocupando devidamente com o tema;
- b) A cobertura dada pela imprensa sobre os acidentes de Tchernobyl e de Goiânia teria levado os alunos a desenvolverem concepções e opiniões sobre o assunto.

Para testar estas hipóteses elaborou-se um roteiro de entrevista que foi aplicado, posteriormente, em um teste piloto.

Com o passar do tempo houve um amadurecimento da idéia inicial; notou-se que a dissertação ficaria incompleta se apenas se restringisse a etapa de identificação das concepções dos alunos e constatação das hipóteses de trabalho. Desta forma, resolveu-se fazer uma complementação do trabalho de dissertação com sugestões para a introdução da temática nuclear em sala de aula.

Objetivos

. Identificar o nível de informação científica dos alunos do 2o. grau, detectando o que eles sabem a respeito de assuntos nucleares por meio de suas:

- a) percepções sobre os acidentes ocorridos em Tchernobyl e em Goiânia;
- b) concepções a respeito da tecnologia nuclear;
- c) opiniões sobre as implicações sociais da utilização dessa tecnologia.

. Verificar como a escola de 2o. grau tem trabalhado o assunto.

. Estabelecer sugestões para a introdução do tema nuclear no currículo do 2o. grau.

Justificativa e Relevância

Este trabalho justifica-se por quatro razões:

1o.) Avalanche de notícias fornecidas pela imprensa, sobre os acidentes de Tchernobyl e de Goiânia;

2o.) As controvérsias surgidas sobre a utilização da energia nuclear pelo Brasil, tanto para a geração pacífica de energia (usina de Angra I) como para seu uso bélico (bomba atômica, Centro Experimental de Aramar).

3o.) Urgência de se trabalhar o assunto, pois a tecnologia nuclear já está implantada no país, e no entanto, as pessoas praticamente nada sabem sobre ela.

4o.) Interesse particular da autora pelo assunto, como professora de Física e por possuir formação na área nuclear.

A relevância deste trabalho consiste em estabelecer, com o auxílio de um instrumento desenvolvido (roteiro de entrevista) sugestões para a introdução de tópicos sobre tecnologia nuclear - aspectos técnicos, políticos e sociais - no currículo de 2o. grau.

Síntese dos Capítulos do Trabalho

No primeiro capítulo deste trabalho é feita uma exposição do papel da Educação nas várias tendências pedagógicas que permeiam o meio educacional e num aspecto mais específico, isto é, como parte da Educação geral, é exposto o papel da Educação Científica e a sua finalidade nas escolas secundárias.

No segundo capítulo são apresentados os aspectos técnico-científicos e político-sociais da tecnologia nuclear, bem como a descrição dos mais importantes acidentes nucleares e radioativos já ocorridos.

No terceiro capítulo é indicada a metodologia adotada para a coleta de dados bem como, as diversas fases da pesquisa deste trabalho.

No quarto capítulo é apresentada a análise dos dados e os resultados finais do trabalho.

No quinto capítulo são apresentadas as sugestões e respectivas implicações curriculares para a implementação da temática nuclear em sala de aula.

Após, estes capítulos, são listadas as referências bibliográficas que possibilitaram a elaboração deste trabalho.

Finalmente, são incluídos dois apêndices. O primeiro apresentando o roteiro de entrevista elaborado e utilizado na coleta de dados para este trabalho. O segundo apresentando um glossário de termos nucleares.

1. EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO GERAL

A educação é um processo que ocorre ao longo de toda a vida não havendo uma única forma nem um único modelo para adquirí-la. Neste sentido, a escola não é o único lugar onde a educação acontece. Contudo, neste trabalho, a palavra educação está ligada ao seu significado formal fornecido pela escola. Isto é, a educação é tratada aqui, apenas no sentido dos processos formalizados de ensino.

Embora a escola venha sofrendo severas críticas, ela ainda é considerada importante para transmitir às novas gerações os conhecimentos e as habilidades considerados imprescindíveis para a sua sobrevivência. A escola é também considerada, no âmbito das relações sociais, um "instrumento de luta". Ela pode ser considerada desta maneira, já que o próprio conflito criado pela classe dominante para manter a sua hegemonia, cria as condições - o caminho - para que ocorra uma reação ou contra-hegemonia (1). Isto possibilita que a própria escola atue como elemento transformador da sociedade. Para isso, ela deve cumprir seu papel, transmitindo conteúdos de forma crítica a fim de possibilitar à classe dominada o aumento da sua capacidade de organização, de reivindicação e de pressão.

Para Ribeiro (2), a escola é importante como transmissora de bens culturais porque,

"é necessário (mesmo que não suficiente) a todo ser humano o conhecimento, cada vez mais rigoroso, profundo e abrangente da realidade sobre o qual atua, transformando-a praticamente e transformando-se enquanto ser humano".

1. José Luis Piôto d'AVILA, A crítica da escola capitalista em debate, p. 35-41.

2. A formação política do professor de 1o. e 2o. graus, p. 12.

1.1. Tendências Pedagógicas na Educação Brasileira

Para a discussão do papel da educação científica e da função do ensino de ciências nas escolas secundárias brasileiras, utilizou-se como referencial teórico a síntese de classificação das tendências pedagógicas na história da educação brasileira, elaborada por Saviani (3) e contextualizada, posteriormente, por Libâneo (4). Esta síntese de classificação foi utilizada porque, acredita-se que Libâneo, independentemente de seu posicionamento como educador, foi quem organizou de forma mais sistematizada as tendências que permeiam o pensamento pedagógico moderno brasileiro.

Libâneo fornece em seu livro uma breve explanação dos pressupostos teóricos e metodológicos das tendências pedagógicas. Ele usa como critério para a classificação destas tendências, a posição adotada pelos professores em relação aos condicionantes sócio-políticos da escola. Para Libâneo, as tendências pedagógicas podem ser classificadas em duas vertentes: liberais e progressistas.

1.1.1. Pedagogia Liberal

Libâneo, entende por pedagogia liberal toda aquela que preconiza ser a função da escola o preparo de indivíduos, de acordo com suas aptidões individuais, com a finalidade de integrá-los aos valores e às normas estabelecidas pela sociedade de classes. Para ele, a pedagogia liberal pode ser subdividida em 4

3. Escola e democracia, passim.

4. Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos, p. 21-46.

tendências: tradicional, renovada progressivista, renovada não-diretiva e tecnicista.

i) Tendência Liberal Tradicional

Nesta tendência o aluno é visto como um indivíduo onde o papel da escola é acrescentar-lhe algo, com objetivos de moldar-lhe o comportamento, valores e atitudes à modelos pedagógicos pré-definidos. Estes modelos são as grandes realizações da humanidade em todas as áreas do conhecimento que devem ser imitados e progressivamente assimilados pelos alunos, sem ter, contudo, nada a ver com o seu mundo real. Neste caso, o processo pedagógico está centrado no professor e aos alunos cabe à assimilação dos conhecimentos a eles transmitidos.

No Brasil, em relação ao ensino de ciências, só a partir de 1890 com a primeira reforma do ensino público é que a tendência liberal tradicional se faz presente. No ensino das disciplinas científicas eram usados manuais europeus traduzidos ou versões brasileiras, escritos por destacados cientistas da época e que apresentavam conceitos básicos das ciências. Esses manuais eram organizados de maneira racional, isto é, encadeados numa forma lógica. Para o ensino de Física, esses manuais limitavam-se a fornecer noções gerais com grande ênfase em cálculos matemáticos sem contudo enfatizar a parte experimental. Ainda hoje, essa tendência pode ser encontrada em algumas escolas brasileiras, principalmente nas religiosas onde marcadamente os conteúdos sofrem a ação de uma orientação clássico-humanista ou humano-científica.

ii) Tendência Liberal Renovada

Esta tendência nasce da crítica à escola tradicional tomando como ponto de partida as lacunas deixadas por esse tipo de escola. Para a tendência renovada, representada principalmente pelo movimento da escola nova, a escola tradicional não estava conseguindo realizar a tão propalada mudança social, tendo em vista a igualdade dos indivíduos. Contudo, a tendência renovada ainda acreditava no poder da escola e em sua função de buscar a igualdade social. Para essa tendência, o estabelecimento de uma prática "democrática" nas relações educativas, garantiria solução dos conflitos e desigualdades presentes na sociedade como um todo. Com a intenção de reformar, a pedagogia nova acabou concentrando-se na questão da melhoria da escola e em seu plano interno, ou seja, nas relações pedagógicas, desviando-se da análise das relações políticas envolvidas.

Segundo Libâneo, a tendência renovada pode ser subdividida em:

- a) Progressivista: Neste caso, o papel da escola é possibilitar ao aluno, através de sua interrelação com um meio estimulante, a construção e reconstrução do objeto, através da interação entre as suas estruturas cognitivas e as do ambiente.
- b) Não-Diretiva : Neste caso, o papel da escola é levar o aluno à formação de atitudes. Para isso, a escola, deve se preocupar mais com os problemas psicológicos do que com os pedagógicos ou sociais, facilitando uma mudança dentro do indivíduo, a fim de que ele possa alcançar

seu auto-desenvolvimento e realização pessoal.

No Brasil, a tendência renovada recebeu o nome de "escolanovismo". Aqui, ela exigiu grandes recursos e sua implantação não chegou a passar de núcleos isolados. No entanto, o ideário da escola nova perpassa todo o ensino existente a partir de 1930, causando alterações reais na prática pedagógica, principalmente no ensino público. Entretanto, no ensino de ciências, essa tendência só começa a se fazer sentir no início da década de 50, quando um grande entusiasmo sobreveio à mentalidade educacional do país, em consequência do aumento do conhecimento científico em todo o mundo. No ensino, isto foi sentido, com uma maior procura, por parte dos educadores, no uso de laboratórios e no processo de investigação científica.

A escola nova trouxe como perspectiva para a solução do "problema educacional", a reformulação dos métodos pedagógicos. A preocupação exagerada por parte de alguns escolanovistas, com esses métodos, levou ao surgimento da tendência tecnicista.

iii) Tendência Liberal Tecnicista

Nesta tendência o papel da escola é modelar o comportamento humano, através de técnicas específicas. A escola passa a ser pensada a partir dos pressupostos da neutralidade científica, dos princípios de racionalidade, eficiência e produtividade (5).

No ensino de ciências, a influência da tendência tecnicista começa a se fazer sentir na década de 60. Nesta época, tem início a criação e o desenvolvimento de materiais de en-

5. Demerval SAVIANI, Escola e democracia, p. 15.

sino e a utilização de conhecimentos científicos derivados das áreas de psicologia, em especial os que provinham do campo da teoria da aprendizagem. Surgem livros em forma de textos programados (auto-instrutivos), há a produção de "kits" para uso em laboratórios ou sala de aula, produção de áudio-visuais e a elaboração de projetos curriculares baseados nos projetos curriculares americanos. Todas essas estratégias eram consideradas necessárias para facilitar o processo de aprendizagem. Como diz Krasilchik (6),

"As propostas, de modo geral, se referiam à modificação de conteúdos e principalmente enfatizavam a necessidade de incorporar o conhecimento do processo de investigação científica na educação do cidadão comum que assim aprenderia a julgar e decidir com base em dados, elaborar várias hipóteses para interpretar fatos, identificar problemas e atuar criticamente na sua comunidade".

Paralelamente ao predomínio da tendência tecnicista surge, no final da década de 60, um conjunto de estudos oriundos especialmente da França, na época, em grande efervescência social. Tais estudos, desenvolvidos sob a influência de filósofos e educadores franceses, promoveram uma denúncia da escola e de sua ligação com a ideologia da classe dominante. Surgem assim, a "teoria do sistema do ensino enquanto violência simbólica" (Bourdieu-Passeron), a "teoria da escola enquanto aparelho ideológico do Estado" (Althusser), a "teoria da escola dualista" (Baudelot-Establet). No centro das questões levantadas, estava sempre implícita uma relação com as funções sociais a que devia satisfazer a educação. Entretanto, por considerarem as relações entre a educação e as funções sociais de um modo mecânico e externo - a escola reproduz as relações sociais vigentes através da força de trabalho e da inculcação da ideologia

6. Inovação no ensino de ciências, in Walter E. GARCIA (Org.), Inovação educacional no Brasil: problemas e perspectivas, p. 170.

dominante - essas teorias acabaram por acentuar uma postura pessimista e imobilista nos meios educacionais. Embora, estas teorias fossem capazes de fazer a crítica do existente e de seus mecanismos, não possuíam propostas de intervenção prática. Estas teorias não se fizeram sentir no Brasil, no ensino de ciências, ainda imbuído do espírito escolanovista e tecnicista.

Oposta a pedagogia liberal surge a pedagogia progressista.

1.1.2. Pedagogia Progressista

O pensamento progressista tem como referência a análise crítica ao sistema capitalista, sustentando que as finalidades sócio-políticas da educação devem ser convergidas na direção dos interesses emancipatórios das camadas populares. Nesta pedagogia os debates se centram sobre a educação como um instrumento de luta. A pedagogia progressista, como diz Libâneo,

"não tem como institucionalizar-se numa sociedade capitalista; daí ser ela um instrumento de luta dos professores, ao lado de outras práticas sociais" (7).

Ainda para Libâneo, a pedagogia progressista tem se manifestado, no Brasil, em três tendências: a libertadora, a libertária e a "crítico-social dos conteúdos".

i) Tendência Progressista Libertadora

Nesta tendência o papel da escola é levar o indivíduo a questionar as relações homem-natureza e homem-homem com o objetivo de possibilitar uma transformação na sociedade.

7. Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos, p. 32.

O educador vê seus alunos com possibilidades de serem críticos e criativos, e juntamente com eles se educa no processo pedagógico. Para Freire (8), o mais importante representante desta tendência,

"Ninguém se educa sozinho; ninguém educa ninguém, mas os homens se educam, em comunhão, mediatizados pelo mundo".

ii) Tendência Progressista Libertária

Nesta tendência, o papel da escola é exercer uma ação transformadora na personalidade dos alunos num sentido libertário e autogestionário, isto é, o aluno se educa a partir da sua atuação na coletividade estudantil, como diz Libâneo (9), isso ocorre,

"graças à sua própria iniciativa e sem qualquer forma de poder".

iii) Tendência Progressista "Crítico-Social dos Conteúdos"

Nesta tendência, o papel da escola é preparar o indivíduo para o mundo adulto e suas contradições. Para isso, a escola deve fornecer ao aluno, um instrumental originado da aquisição de conteúdos e de sua socialização.

Esta tendência surgiu devido a insatisfação sentida por alguns educadores brasileiros diante das análises crítico-reprodutivistas. Estes educadores sentiram a necessidade de uma nova visão, visão esta que desse conta do caráter contradi-

8. Pedagogia do oprimido, p. 79.

9. Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos, p. 37.

tório do problema educacional, e em consequência, alterasse a prática pedagógica, possibilitando a sua articulação com os interesses populares em transformar a sociedade.

A tendência progressista crítico-social dos conteúdos foi encabeçada por Saviani (10) que introduziu a expressão "concepção histórico-crítica". Nesta concepção ele pretende articular o caráter crítico com os condicionantes sociais que a visão reprodutivista possuía, vinculando porém à dimensão histórica que o reprodutivismo tinha perdido de vista. A finalidade da concepção histórico-crítica é tentar superar a pedagogia liberal em suas várias tendências (tradicional, renovada, tecnicista) com uma "pedagogia revolucionária" que deve pautar-se nos interesses das classes dominadas. Neste mesmo sentido surge a tendência crítico-social dos conteúdos a partir dos trabalhos de Libâneo.

A tendência crítico-social dos conteúdos, desde a publicação dos trabalhos de Saviani e Libâneo vem sofrendo várias críticas. Entre seus críticos podem ser citados: Paolo Nosella, Luiz Antônio Cunha e Moacir Gadotti. Suas críticas se prendem principalmente a dois pontos. O primeiro ponto, é no que se refere aos conteúdos a serem ministrados para a reapropriação do saber pelas classes populares. Isto é, quais seriam os conteúdos a serem selecionados e ministrados para garantir às classes populares o saber sistematizado que a classe dominante procura ocultar. O segundo ponto, é se essa pedagogia dita "revolucionária" provocará, realmente, uma transformação na sociedade de classes. Isto é, se a pura transmissão de conteúdos garantirá a formação de um aluno crítico que questione o sistema dominante a que está submetido, levando-o a procurar modificá-lo. Apesar das divergências entre os pesquisadores das tendên-

10. A pedagogia histórico-crítica no quadro das tendências da educação brasileira, Revista da ANDE, 11 : 17.

cias progressistas, e não querendo entrar no mérito da questão, todas elas têm em comum a idéia de levar o aluno a ser crítico quanto a sociedade em que está inserido. Deste modo, a autora deste trabalho acredita que as tendências progressistas, como um todo, sejam as melhores possibilidades para se levar avante um projeto de ensino que possibilite a formação de um aluno crítico e capacitado a se posicionar em relação a sociedade exercendo, deste modo, sua condição de ser social e tendo o direito de interferir na sua história e conseqüentemente no destino do seu país.

No Brasil, a tendência progressista ainda não se implantou no ensino de ciências. A situação dada pela legislação do ensino de ciências (Lei 5.692/71 e 7.044/82, Resolução 8/71 e Parecer 853/71) que é a de promover um ensino que favoreça o desenvolvimento lógico do aluno e à sua vivência com o método científico e suas aplicações, não está se cumprindo. Pode-se observar em sala de aula que o ensino de ciências continua sendo ministrado de maneira formal e abstrata, com ênfase nos aspectos informativos em detrimento dos formativos. As aulas são expositivas e discursivas, com atividades práticas irrelevantes, usando uma didática superada e uma pedagogia acientífica. A metodologia é inadequada empregando uma tecnologia educacional desconhecida e de currículos impróprios para os objetivos do ensino de ciências (11). A conseqüência deste ensino é uma ciência transmitida como um conjunto de conhecimentos estáticos e acabados, como algo distante e inatingível por indivíduos comuns. Este procedimento também não desenvolve a capacidade criativa dos alunos e nem leva a formação de cidadãos críticos. Para que a tendência progressista possa se integrar ao ensino de

11. Georg. J. HENNIG, Metodologia do ensino de ciências, p. 50-51.

ciências é necessário que o professor mude sua atitude e passe a ensinar a ciência numa perspectiva histórico-social. Isto é, o professor deve levar seus alunos a estabelecer a ligação entre ciência e a produção social, assim como entre a ciência e a superação dos problemas enfrentados pelo homem. Para isso, o professor deve mudar sua postura tradicional para uma postura crítica. Sabe-se não ser isso fácil, mas havendo uma disposição para renovação por parte do professor, dos sistemas de ensino e das instituições formadoras de educadores, isso poderá se tornar uma realidade.

O que é importante enfatizar, neste momento, é que todas as tendências progressistas destacam o papel da educação na formação de uma consciência crítica, importante na busca da mudança social. Deste modo, as tendências progressistas são contrárias à educação tradicional e tecnicista - que buscam apenas a adaptação do aluno à sociedade - e a do tipo reprodutivista - que mostra a educação numa visão pessimista e até conformista. De acordo com Freire, citado por Frankenstein (12) não é que a educação vá mudar as estruturas sociais mas ela pode ajudar os alunos a descobrirem o mundo e a se tornarem comprometidos com as mudanças sociais.

Do que foi dito até agora existem pressupostos implícitos sobre o papel da educação em geral e educação científica em particular que podem ser sintetizados como:

- a) fornecer elementos para que o aluno se torne capaz de entender a realidade que o cerca;
- b) possibilitar que o aluno compreenda a sociedade em que está inserido para que possa tomar parte

12. Educação matemática crítica: uma aplicação da epistemologia de Paulo-Freire, in Maria Aparecida Viggiani BICUDO (org.), Educação matemática, p. 105.

de forma consciente dos debates e decisões que permeiam esta sociedade e de sua própria transformação.

Se um dos objetivos da escola é formar o trabalhador, conseqüentemente também será o de formar o cidadão. Isso porque, a escola ao assegurar a transmissão do saber - patrimônio intelectual e cultural da humanidade - ao trabalhador, assegura-lhe também, o desenvolvimento de uma inteligência crítica que se torna uma preparação para a sua vida de cidadania.

Considera-se tarefa primordial da escola a de formar cidadãos críticos ao sistema que os domina. Para isso, o ensino de ciências desempenha um amplo papel, pois na aprendizagem de uma ciência o homem pode chegar a ter uma maior compreensão do significado de sua existência.

1.2. A Ciência e a Tecnologia na Educação do Homem Moderno

Na medida em que ciência e tecnologia passaram a ser elementos integrados no Modo de Produção Capitalista, passaram a fazer parte do jogo de poder das classes dominantes. Sem dúvida nenhuma, na sociedade capitalista a produção e a apropriação da pesquisa científica e tecnológica são permeadas por interesses econômicos, políticos e ideológicos de alguns segmentos das classes sociais. Sabe-se que a sociedade moderna está cada vez mais influenciada pela ciência e tecnologia. Mesmo o Brasil que é considerado como um país capitalista periférico, sente os reflexos desta influência nas discussões políticas de problemas, tais como: Reserva de Mercado na Informática; Química Fina e Tecnologia Nuclear. Desta forma, é importante que os alunos tenham acesso a informações que lhes permita entender o que está se passando na sociedade em que estão inseridos.

Sendo a ciência ensinada de forma dogmática, não permite que as pessoas percebam e compreendam sua relação com outras atividades humanas e com a sociedade. Além disso, como já foi dito (13), o ensino de ciências, não está proporcionando condições de análises críticas de alguns problemas criados pela pesquisa científica e pelo desenvolvimento tecnológico. Para mudar essa situação é importante também que comece a acontecer a politização da ciência. Com isso, haverá uma diminuição à pretensão à objetividade e neutralidade da mesma, enquanto aumentará a necessidade de levar à sociedade informações sobre as pesquisas e o desenvolvimento tecnológico. Estas informações devem ser disseminadas de maneira compreensível e assimilável por pessoas que não terão condições de prosseguir seus estudos em um nível mais avançado.

1.2.1. Ensino com Ênfase em Ciência-Tecnologia-Sociedade

Com o aumento dos problemas ambientais e sociais da humanidade relacionados à ciência e à tecnologia, cresceu a necessidade de que os cidadãos participem de maneira responsável na resolução desses problemas. Apesar de que desde o final da década de 30, onde alguns pesquisadores marxistas como Bernal (14), já discutiam o assunto, é só a partir da década de 70, que um maior número de pesquisadores começou a reconhecer que a ciência é uma atividade social cuja conduta e cujos resultados - positivos e negativos - são regulados por forças sociais. Os educadores sentindo sua responsabilidade social em discutir os problemas tecnológicos reagiram, ao fato, com a inclusão nos currículos universitários, de aulas e cursos sobre o impacto

13. Cf. p. 25-26.

14. The social function of science, passim.

ambiental da tecnologia. Foram criadas disciplinas voltadas para a compreensão das interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), com o objetivo primordial de capacitar os alunos com os conceitos e informações necessárias para a compreensão e explicação dos fatos científicos. Desta forma, os cursos em CTS nasceram da necessidade de uma sensibilização dos alunos às implicações da ciência e da tecnologia. Inicialmente, estes cursos tiveram lugar nas universidades americanas, e a partir de 1980 começaram a ser implementados nas universidades brasileiras. Para Thiollent (15),

"Esses cursos propõem uma perspectiva relativamente nova no contexto do ensino de ciências. São cursos de sensibilização dos cientistas e engenheiros aos problemas sociais e políticos ligados ao desenvolvimento técnico-científico que eram bastante desprezados até agora".

Nos países em que os pesquisas sobre a importância do ensino em CTS estão mais adiantadas, vêm sendo implementados currículos com ênfase em CTS no 1o. e 2o. graus. Além disso, vêm sendo realizadas avaliações quanto aos efeitos desse ensino em relação aos seus objetivos específicos, que são os de:

- a) aumentar o interesse dos alunos pela ciência;
- b) possibilitar um posicionamento crítico dos alunos quanto as implicações sociais das políticas científicas e tecnológicas, isto é, qualificar cidadãos críticos capazes de pensar sobre problemas complexos.

No Brasil, apesar da existência de alguns cursos em CTS, a nível de graduação, surge agora a preocupação com um ensino de ciências com ênfase em CTS para o 1o. e 2o. graus.

15. Ciência-tecnologia-sociedade e formação metodológica do engenheiro, Rev. Ensino Eng., 3 (2) : 52.

Isso pode ser percebido pela realização do "Primeiro Simpósio Internacional sobre o Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT - Alfabetização em Ciência e Tecnologia". Esse simpósio foi realizado em Brasília, no período de 4 a 8 de junho de 1990, promovido pelo Ministério da Educação através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Seu objetivo como propalado foi o de divulgar no país, esse novo campo de estudos, para que os educadores pudessem refletir sua prática pedagógica repensando um novo contexto para o ensino de ciências, menos abstrato e mais próximo do cotidiano dos alunos.

1.3. A Cultura Científica Brasileira e o Ensino de Ciências

Um estudo da evolução do ensino médio no Brasil, mesmo que sucinto, contribui para o entendimento da cultura científica brasileira e do ensino de ciências no Brasil.

A história da educação brasileira começa em 1549 com a fundação da primeira escola por Nóbrega e mais cinco missionários jesuítas. Apesar desta escola ter sido fundada em plena época da Revolução Científica do século XVI e XVII, somente no começo do século XIX, com a vinda da família real ao Brasil é que a rigor, começou a processar-se o desenvolvimento científico no país.

De fato, em todo o período colonial, desde o descobrimento até a vinda de D. João VI para o Brasil, não há registros de atividades científicas significativas na história cultural do país (16). Isso porque, Portugal permanecia alheio a renovação intelectual que se processava nos países da Europa.

Como a educação brasileira até 1759 esteve sob a liderança exclusiva dos jesuítas que eram os maiores humanistas

16. Fernando de AZEVEDO, A cultura brasileira, p. 368.

da época, não foram incluídos em seus currículos o estudo de ciências. Contudo, no governo de Maurício de Nassau (1637-1644) houve "um parentese luminoso", conforme a expressão de Fernando de Azevedo (17),

"que inaugurou no Brasil colonial uma época de atividades científicas, realizadas pelo grupo de homens de ciência que o Conde de Nassau mandou vir a Pernambuco".

Entretanto, com a expulsão dos holandeses, das terras brasileiras em 1644, desapareceu todo o vestígio de um ensino científico que pudesse ser estabelecido no país.

Em 1771 foi fundada no Rio de Janeiro, a primeira Academia Científica. Contudo, ela não conseguiu atingir seus objetivos e nem exercer influência na evolução do pensamento científico do país. Só em 1772, com a reforma da Universidade de Coimbra empreendida pelo Marquês de Pombal tem começo a história, propriamente dita, da cultura científica brasileira. Com a implantação de novos estatutos e criação das faculdades de Matemática e de Filosofia na Universidade de Coimbra, os jovens brasileiros que iam a Portugal para completar seus estudos, acabavam sendo treinados nos novos métodos de estudo e de investigação científica. Esses jovens retornavam para o Brasil-Colônia imbuídos do gosto pelas ciências naturais abrindo, deste modo, novos horizontes a cultura nacional.

Em 1800 é fundado pelo bispo Azeredo Coutinho o Seminário de Olinda. Este seminário foi um marco de renovação educacional no país, principalmente, com a introdução no seu currículo de disciplinas científicas tais como: física, química, mineralogia, botânica e desenho. Mas, esse espírito voltado para as ciências ficou concentrado apenas no Nordeste do Brasil sendo

17. Ibid., p. 369.

interrompido pela ocasião da retirada de D. Azeredo em 1802, para Portugal.

A vinda da família real para o Brasil em 1808 e a Independência em 1822 contribuíram no sentido de que se orientasse a educação brasileira para a formação de elites dirigentes. D. João VI, além da instituição da Imprensa Régia e da Biblioteca Pública, fundou as primeiras escolas de ensino superior profissional: na Bahia, a Escola de Cirurgia e no Rio, a Academia Médica Cirúrgica. Contudo, o ensino de ciências ficou voltado mais para a técnica cirúrgica do que em levar o aluno ao interesse pela pesquisa científica.

Após a Independência do Brasil em 1822, houve uma nova orientação na política educacional. A 2 de dezembro de 1837 foi fundado o Colégio de Pedro II - de ensino secundário - que acabou servindo de modelo para todas as escolas da Corte. Neste colégio, a exemplo dos colégios franceses, foram introduzidos os estudos simultâneos e seriados, organizados num curso regular de seis a oito anos. A importância deste colégio, para o avanço dos estudos científicos, foi a introdução do estudo de ciências nos três últimos anos do curso. Em 1855, o regulamento do Colégio de Pedro II, influenciado pelas "realschulen" alemãs, transferiu o ensino de ciências para os primeiros anos do curso reservando para as últimas séries o aprimoramento da formação clássica. Entretanto, essa reforma baseada nas "realschulen", não teve continuidade por vários motivos: falta de livros adequados às lições, despreparo dos professores, densidade de conteúdos dos cursos e razões de ordem social e econômica (18).

No início de 1870 muitos brasileiros, inspirados pelas idéias do positivismo, enfatizavam a força da ciência em

18. João Baptista de ALMEIDA JÚNIOR, A evolução do ensino de física no Brasil, Rev. Ens. Física, 1 (2) : 55.

desenvolver uma atitude crítica que levaria à perfeição do espírito. Isso foi sentido no Colégio de Pedro II que começou a dar maior ênfase à educação científica. Em seus estatutos foram designados um maior número de horas semanais aos estudos em ciências físicas e naturais bem como uma distribuição mais adequada aos estudos matemáticos. Com isso,

"a questão do ensino científico assumiu especial importância na área dos estudos secundários aos quais se procurava confiar a missão mais ampla de formar integralmente o cidadão, habilitando-o, não apenas para o ingresso nos estabelecimentos superiores, mas para enfrentar (...) as necessidades complexas e variadas da vida social" (19).

Mas, apesar do aumento da carga horária para as disciplinas científicas o método de estudo permanecia o mesmo - memorização e repetição de princípios e leis - o que impedia que o aluno desenvolvesse um raciocínio lógico e um pensamento científico.

A Primeira República (1889-1930) foi um período em que o modelo educacional herdado do Império - modelo que privilegiava a educação da elite em detrimento da educação popular - foi colocado em questão. De fato, entre os ideais republicanos figurava a "reforma da educação". Desta forma, logo no início do período republicano (1890), o ministro da Instrução Benjamim Constant realizou a primeira reforma do ensino público. Esta reforma abrangeu toda a instrução - primária, secundária e superior. No currículo do nível secundário eram introduzidos o estudo das ciências naturais marcando uma ruptura com o tradicional ensino humanístico. Contudo, pouco ou nada foi cumprido do plano de reforma de Benjamim Constant. No período de 1900 à

19. Maria de Lourdes Mariotto HAIDAR, A instrução popular no Brasil antes da república, in Moysés BREJON (org.), Estrutura e funcionamento do ensino de 1o. e 2o. graus, p. 120.

1925, outras reformas educacionais ocorreram no ensino secundário e superior brasileiro (1911 - Reforma de Rivadávia Correa; 1915 - Reforma de Carlos Maximiliano; 1921 - Reforma de Epitácio Pessoa; 1925 - Reforma Rocha Vaz), entretanto elas também não chegaram a provocar mudanças significativas em relação ao ensino elitista e humanista oriundos do Império.

Após a segunda metade da década de 20, o Brasil ingressa na corrente das idéias liberais. Um grupo de intelectuais e cientistas insiste na necessidade de uma reforma radical do ensino e na introdução, no sistema educacional, de escolas de pesquisa e estudos científicos livres, surgem assim novas reformas. Em 1931, ocorre a Reforma Francisco Campos que institui os cursos secundários seriados, e introduz o regime de dois ciclos, o ginásial de cinco anos e o pré-universitário de dois anos de duração. Dentro da área de ciências, com a criação das Faculdades de Filosofia, a primeira em 1934, na Universidade de São Paulo e, a outra em 1939, no Rio de Janeiro, inicia-se o preparo regular de professores do ensino secundário.

Em 1942, a estruturação do ensino secundário culmina com a Reforma Capanema. Essa reforma introduziu dois ciclos: o ginásial de quatro anos e o colegial de três. O ciclo colegial foi subdividido em outros dois: clássico e científico. No curso clássico eradado maior ênfase a formação humanística enquanto no curso científico a ênfase recaía no estudo das ciências. Com a Reforma Capanema o ensino de ciências começou a ocupar um lugar bem definido na educação geral.

No final da década de 50 e início da de 60, com as idéias de modernização e desenvolvimento baseadas na industrialização do país, começa a implantação do tecnicismo nas escolas. Surgem os chamados "projetos de ensino" com o objetivo de renovar o ensino de ciências. Essa renovação deveria ocorrer

pelo uso de material didático apropriado (textos, kits de laboratório, livros didáticos), e por cursos de treinamento, ambos com a finalidade de suprir as deficiências dos professores.

Para Pernambuco (20), três tendências se manifestaram, neste período. Uma tendência de caráter mais tecnicista, baseando-se nas idéias da psicologia comportamental (instrução programada, métodos individualizados, ensino por módulos); outra de caráter escolanovista, enfatizando o uso do laboratório em detrimento da teoria; e finalmente, uma terceira tendência firmando-se na proposta de que o professor apenas precisava saber usar os materiais didáticos apropriados não necessitando conhecer o conteúdo para poder ensinar (ciência integrada).

Com a promulgação da Lei 5.692/71 houve uma mudança na estrutura curricular das escolas primária e secundária. Apesar dos dois ciclos continuarem, os seus períodos foram modificados. Com esta reforma a educação científica ficou de certo modo prejudicada pois, com um maior número de disciplinas introduzidas no currículo, para garantir a profissionalização do aluno, os conteúdos científicos tiveram que ser reduzidos tirando-lhes, muitas vezes, o sentido e finalidade de serem ensinados.

1.4. Educação Científica

A educação científica dentro de uma visão progressista tem o papel de proporcionar ao educando a busca do conhecimento da realidade em que está inserido, para ao mesmo tempo que investigue esta realidade procure transformá-la em busca de melhores condições de vida.

20. Marta M. C. PERNAMBUCO e Fernando W. Vargas da SILVA, Uma retomada histórica do ensino de ciências, p. 116.

Neste ponto a escola e, em particular, o ensino de ciências, podem contribuir nessa investigação tornando acessível a um maior número de pessoas a linguagem científica e os procedimentos de produção do conhecimento. Isto é necessário para que esses indivíduos possam, por si mesmos, compreenderem através da especificidade do conhecimento científico, os problemas que o coletivo enfrenta, e assim, venham a atuar no sentido das transformações sociais.

Deste modo, a ciência resgata a discussão sobre cidadania, qualificando cidadãos comuns em pessoas críticas capazes de pensar sobre problemas complexos. Contudo, para que ocorra a formação plena do cidadão é necessário que ele seja alfabetizado cientificamente. Isto é, um cidadão é considerado alfabetizado cientificamente quando ele for capaz de (21):

- a) entender o que os meios de comunicação lhe passa (tabelas, gráficos);
- b) entender certos conceitos, palavras específicas de uma disciplina científica;
- c) compreender o problema social, institucional das decisões do cientista;
- d) saber quem sustenta a ciência e como é financiada a pesquisa;
- e) compreender os problemas que a ciência e a tecnologia têm na sociedade.

21. Miriam KRASILCHIK, Comunicação Oral, IX SNEF.

1.4.1. Ensino de Ciências

Muitas pessoas questionam a importância do ensino de ciências no ensino secundário. Contudo, para a autora, este ensino é fundamental pois, como já foi dito, para muitos alunos, talvez para a grande maioria deles, seja esta a última oportunidade de ter algum contato com um curso de ciências.

Alguns pesquisadores também se posicionaram em relação a importância do ensino de ciências nas escolas secundárias. Para Zanetic (22), alguns pontos podem ser considerados para mostrar a importância do estudo das ciências:

- 1o.) Vive-se numa época fortemente influenciada pela ciência;
- 2o.) A natureza é explicada pela ciência;
- 3o.) A tecnologia é baseada na ciência;
- 4o.) A ciência permite um diálogo com o cotidiano;
- 5o.) A ciência desperta a observação cuidadosa;
- 6o.) A ciência promove o pensamento crítico;

Para Taglieber (23),

"ensinar ciências é antes de mais nada conduzir o educando a encontrar ele mesmo o caminho do saber, consciente de que ele pode e deve conhecer a natureza que o rodeia"

Para o Programa de Ciências desenvolvido no Rio Grande do Sul (PROCIRS), citado por Moraes (24) - um dos objetivos do ensino de ciências deve ser o de enfatizar objetivos for-

22. João ZANETIC, Comunicação Oral, IX SNEF.

23. Ciência, tecnologia e educação científica, II SSBE5, p. 40.

24. Uma análise crítica do ensino de ciências proposto pelo PROCIRS. Bol. Téc. PROCIRS, 1 (3): 15.

mativos, visando o desenvolvimento de habilidades científicas nos alunos, voltadas à formação de indivíduos críticos e capazes de solucionar problemas de forma racional.

Dentro da finalidade do ensino de ciências, quem melhor trabalhou esse assunto foi Krasilchik (25). Para ela,

"além de propiciar conhecimentos para compreender os fenômenos da natureza, as disciplinas científicas devem desenvolver a capacidade dos alunos para assumirem posições face a problemas controvertidos e agirem no sentido de resolvê-los. (...) Um debate sobre as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico envolve tantos aspectos que dependem de conhecimentos factuais e técnicos como posições fundamentadas por convicções políticas, éticas, religiosas, etc".

Para Rodrigues (26),

"o conhecimento científico não é ocasional, circunstancial, acidental, nem mágico. Ele resulta histórico, cumulativo, intencional e racional. Não se constrói do que se ignora para o que se conhece, mas ele progride do que se conhece para novas fronteiras do saber. Nesse sentido, o processo de ensino das Ciências deve sempre levar em conta o nível de percepção do mundo que as crianças apresentam, e promover, a partir desse nível, a compreensão, um entendimento novo e mais elaborado do mundo. Deve igualmente levar as crianças a perceberem a ciência como forma de produção humana e histórica de um mundo novo, pela transformação, através do saber, desse mundo da percepção imediata. Se o ensino partir do real vivido, ele permitirá que os educandos compreendam a importância das conquistas da ciência na superação dos problemas vitais, como de saúde, alimentação, habitação, urbanização, e a importância da natureza, da higiene, do espaço ecológico".

Rodrigues, nesta citação, enfatiza a importância do ensino de ciências para a compreensão do mundo real vivido pelo indivíduo, mas, se esquece de salientar que a ciência tem também algumas implicações negativas para a sociedade e que,

25. Ensinando ciências para assumir responsabilidades sociais. Rev. Ens. Ciências, (14) : 8.

26. Por uma nova escola: o transitório e o permanente na educação, p. 108.

cabe ao ensino, mostrar as implicações político-sociais causadas pelo impacto de novas descobertas científicas.

Essa citação, ainda chama a atenção para outro aspecto a ser considerado no ensino, que são as concepções e percepções trazidas pelo aluno, para a sala de aula, e que influenciam todo o seu aprendizado posterior.

1.5. Ensino de Ciências com Abordagem Construtivista

Piaget em seus primeiros trabalhos, publicados na década de 20 (27), (28), já mostrava que a aprendizagem é essencialmente um processo ativo no qual a criança constrói seu conhecimento através da interação com o meio físico e, da solução do conflito cognitivo que pode ocorrer entre expectativas e observações. Apesar, dos trabalhos de Piaget enfatizarem uma visão construtivista, isto é, a criança sendo o próprio construtor do seu conhecimento, somente a partir da década de 70, pesquisadores na área de ensino de ciências começaram a se preocupar em investigar, mais detalhadamente, as concepções elaboradas pelos alunos no seu dia-a-dia e trazidas para a sala de aula (29), (30), (31).

Estes trabalhos tentam identificar quais as concepções mais comuns que ocorrem no processo de aprendizagem e como se manifestam. Existem outros trabalhos que tentam relacio-

27. The child's conception of the word, passim.

28. The child's conception of physical causality, passim.

29. G. ERICKSON, Children's conceptions of heat and temperature. Sci. Educ., 60, 221-230.

30. L. VIENNOT, Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J. Sci. Educ., 1 (2): 205-222.

31. J. NUSSBAUM e J. NOVAK, An assessment of children's concepts of the Earth utilising structured interviews, Sci. Educ., 60, 535-550.

nar o desenvolvimento das concepções dos alunos com os estágios piagetianos do desenvolvimento mental ou relacioná-las com o posicionamento cognitivista de Ausubel. Em qualquer um dos casos os pesquisadores com suas investigações tentam buscar soluções para possibilitar um melhor aprendizado dos alunos em relação ao ensino de ciências.

1.5.1. Concepções Alternativas

Pesquisas têm demonstrado que os alunos trazem para a sala de aula, conceitos fortemente incorporados à sua estrutura cognitiva e que se tornam resistentes à instrução (32). As dificuldades de aprendizagem encontradas pelos alunos advêm das suas idéias formadas pela sua experiência cotidiana em seu meio sócio-econômico. Essas idéias, que recebem o nome de "concepções alternativas", estão firmemente arraigadas, na mente dos alunos, pois são fruto de um longo processo, do qual os alunos se valem para entender e explicar os fenômenos que ocorrem a sua volta, de uma maneira consciente e coerente do seu próprio ponto de vista.

Este processo é longo porque, desde o seu nascimento, as crianças desenvolvem idéias sobre os fatos que ocorrem à sua volta. Inicialmente, a criança começa por estabelecer um conjunto de expectativas isoladas e independentes umas das outras, às quais lhe permitem começar a fazer algumas predicções sobre o mundo ao seu redor. Conforme a criança vai crescendo, a prática do seu dia a dia, estimula o desenvolvimento de conjuntos mais generalizados de expectativas, levando-a a um conjunto de idéias sobre uma série de fenômenos naturais.

32. Rosalind DRIVER, The pupil as a scientist? passim.

Ao chegar a escola, algumas dessas idéias podem estar em harmonia com aquelas transmitidas pelo professor, mas nem sempre estão bem articuladas, todavia, poderão fornecer elementos para o aprendizado do ensino formal.

Por outro lado, as idéias trazidas pela criança (concepções alternativas) podem diferir significativamente daquelas a serem ensinadas pelo professor em sala de aula. Neste caso, a criança - agora aluno - encontra dificuldades em fazer uma ligação - uma ponte - de suas próprias idéias com àquelas que o professor deseja transmitir. Isso porque, os conceitos transmitidos pelo professor não levam em conta, o conjunto de conhecimentos que o aluno adquiriu ao longo do tempo. Isto é, o professor em sala de aula vê o aluno como uma "tábula rasa", pronto a aceitar e assimilar os conceitos científicos, que ele se propõe a passar.

Tradicionalmente, professores e pesquisadores dão pouca atenção aos conceitos estabelecidos pelos alunos ao longo do tempo, considerando-os pura e simplesmente como "erros" facilmente corrigíveis. Assim, pouca ou nenhuma importância tem sido dada ao estudo do desenvolvimento intelectual do aluno na elaboração dos programas de ensino.

Uma maior atenção será dada às concepções alternativas nas situações de ensino-aprendizagem, a partir do momento que os professores passarem a aceitar que os alunos chegam em sala de aula, com um pré-conhecimento originado das suas concepções sobre a realidade vivenciada e, que elas, influenciam na assimilação e incorporação, em suas estruturas cognitivas, das noções que o professor quer lhes ensinar.

Se é desejável que o aluno desenvolva e compreenda os conceitos e princípios convencionais da ciência, deve-se apresentá-los partindo das concepções alternativas dos alunos e,

fazendo com que eles as reavaliem para reformulá-las de maneira mais condizente com os conceitos aceitos cientificamente. Para isso, é preciso primeiramente descobrir os conceitos dos alunos, interrogando-os para depois quando eles derem sua explicação, fazer-se o confronto dela com fatos que a desmentem. Esses fatos destroem a explicação ingênua e deixam, portanto, uma inserção disponível para a teoria correta, no modelo conceitual do aluno.

Como diz Frota-Pessoa (33),

"Só há aprendizagem genuína quando o aluno constrói o entendimento do assunto a partir de seu núcleo conceitual pré-existente. Entender é relacionar dados novos com o que já sabemos, incorporando-os ao acervo".

1.5.2. Pesquisas sobre Concepções Alternativas

No Brasil, a pesquisa sobre concepções alternativas vem se intensificando junto aos pesquisadores voltados para o ensino de Física (34), (35), (36). Todavia, pelo fato da energia nuclear não constar, oficialmente, no programa de ensino de Física do 2o. grau do país, as concepções alternativas pertinentes a esse tópico não têm sido investigadas. Entretanto, no exterior, pesquisas começam a ser realizadas para verificar algumas concepções na área nuclear. Uma pesquisa, nesta área, foi realizada na Itália, por Conforto (37). Esta pesquisa feita por

33. Como ensinar na era da contestação. Ciência e Cultura, 37 (Z) : 1128.

34. Jesuina L. PACCA, Conceitos intuitivos e conteúdos formais de Física: considerações, *passim*.

35. Arden ZYLBERSZTAJN, Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino, Rev. Ens. Fis., 5 (2) : 3-16.

36. M. C. MARIANI, A evolução das concepções espontâneas sobre colisões, *passim*

37. Anna Maria CONFORTO, The nuclear issue and the school, Phys. Educ., 24 (2) : 83-87.

meio de questionários contou com 1023 alunos na faixa etária de 16 a 24 anos. Destes alunos 493 cursavam o último ano do 2o. grau e 630 o 1o. e 2o. ano do curso superior de biologia ou medicina. Os principais resultados obtidos, nesta pesquisa, foram: a) os estudantes italianos não estão recebendo informações na escola quanto a questões nucleares; b) aparentemente os meios de comunicação de massa (televisão principalmente) tomam um papel de liderança na educação dos jovens; c) nas opiniões da maioria dos estudantes há o risco de uma guerra nuclear; d) os estudantes têm idéias confusas e inadequadas sobre questões nucleares.

Em 1987, no Brasil, foi feita uma pesquisa, pelo Instituto Gallup (38), sobre a imagem que a população urbana brasileira tem sobre a ciência e tecnologia. Esta pesquisa utilizou questionários que foram aplicados, na forma de entrevistas, em uma amostra de 16 milhões de pessoas (20% da população adulta da época). Apesar de ter sido um estudo cuidadoso do ponto de vista estatístico, a pesquisa não se aprofundou nos tópicos da energia nuclear e questões envolvendo a sua tecnologia. Apenas algumas conclusões foram relatadas tais como: a) há um maior desconhecimento do uso pacífico da energia nuclear (19%), contudo mais da metade dos entrevistados percebem esta possibilidade (56%); b) os entrevistados de instrução primária são os que menos reconhecem o uso pacífico da energia nuclear (33%); c) os entrevistados associam as usinas nucleares somente à construção de bombas nucleares e, d) consideram a energia nuclear como um dos principais problemas trazidos pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

Embora, o assunto nuclear, atualmente, não esteja sendo divulgado e discutido com tanta ênfase como na época dos

38. INSTITUTO GALLUP DE OPINIÃO PÚBLICA, O que o brasileiro pensa da ciência e tecnologia? passim.

acidentes de Goiânia e Tchernobyl, os alunos perceberam e elaboraram suas concepções, sobre a realidade da energia nuclear e, questionaram as suas aplicações em programas de desenvolvimento tecnológico brasileiro, através dos debates realizados na época, pelos meios de comunicação de massa.

Assim, torna-se a enfatizar a importância da identificação do nível de informação científica dos alunos do 2o. grau quanto a questões nucleares, pois se a temática nuclear passar a fazer parte do ensino formal das escolas brasileiras, haverá a necessidade de se levar em conta as concepções dos alunos trazidas para a sala de aula. E a partir destas concepções, caso não sejam compatíveis com os conceitos aceitos pela comunidade científica como verdadeiros, possibilitar que os alunos reelaborem seu conhecimento de uma forma mais aceitável para as suas estruturas cognitivas.

2. TECNOLOGIA NUCLEAR: ASPECTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS E POLÍTICO-SOCIAIS

2.1. Breve Histórico

Para se falar da tecnologia nuclear(*) e seu desenvolvimento deve-se, inicialmente, retornar aos primórdios da história do átomo.

É a partir do século V a.C., na Grécia, com as idéias de Leucipo e posteriormente de seu discípulo Demócrito (460-370 a.C.) que surgem as primeiras concepções atomísticas do universo. Na sua Teoria Atomística Demócrito afirmava que os átomos eram os menores elementos constituintes da matéria. Para ele, os átomos eram invisíveis, indivisíveis, impenetráveis e animados de movimento próprio. O movimento dos átomos era garantido pela existência do vazio absoluto entre eles. Este vazio - o vácuo - estava relacionado simplesmente com a ausência do átomo, e era neste vazio que eles podiam se locomover. Para os atomistas os átomos distinguiam-se uns dos outros pelo número, forma, tamanho e pelo modo como se agrupavam. Desta maneira, os atomistas explicavam a origem dos diferentes aspectos do universo (1).

Apesar da idéia de uma concepção atomística da matéria remontar às especulações dos filósofos gregos da Antiguidade, a sua formulação em bases científicas é atribuída ao químico e físico inglês John Dalton (1766-1844). Dalton em 1803, aplicou a hipótese atômica, que por muitos anos tinha sido uma mera especulação filosófica, à explicação quantitativa de leis empíricas dando início, desta forma, a teoria atômica moderna. Os estudos de Dalton estimularam outros cientistas a realizar

1. HISTÓRIA DO PENSAMENTO, vol. 1, p. 41-42.

* O significado das palavras em negrito está no apêndice B.

experimentos a fim de esclarecer a natureza intrínseca da matéria. Estas experiências demonstraram que o átomo não seria um todo indivisível, como Demócrito tinha imaginado, mas sim um conjunto mais ou menos estável e dinâmico com várias partículas, dentre as quais se destacavam as três fundamentais: elétrons, prótons e nêutrons (2), (3).

O nêutron foi descoberto em 1932 por James Chadwick (1891-1974) tornando-se, de imediato, extremamente valioso para a explicação da estrutura do núcleo do átomo. Esta descoberta abriu um imenso campo para outros trabalhos experimentais e levou à idéia, atualmente aceita, do núcleo constituído por prótons e nêutrons. Como o nêutron não transporta nenhuma carga elétrica ele possui grande poder de penetração quando usado para o bombardeamento do núcleo de outros elementos. Por isso, os cientistas da época começaram a bombardear núcleos de outros elementos, fazendo uso do nêutron sem receio de que sua trajetória fosse desviada pelas cargas presentes no núcleo bombardeado. Entre estes cientistas se destaca o físico Enrico Fermi (1901-1954). Fermi e seus colaboradores no início de 1934 - trabalhando na Universidade de Roma - começaram a bombardear com nêutrons todos os elementos químicos da tabela periódica em ordem crescente do seu número atômico para observar as mudanças resultantes. Isto porque, já tinha sido verificado que os nêutrons tinham especial importância na fabricação de isótopos radioativos. Esse trabalho teve prosseguimento de forma sistematizada até que, em maio de 1934, o grupo irradiou o mais pesado dos elementos até então conhecido - o urânio - com o objetivo de aumentar o número de elementos da tabela periódica. O bombardeio do urânio

2. Jackson CRAVEN, Nuestro mundo atômico: La historia de la energia atômica, passim.

3. Otto OLDENBERG, Wendell G. HOLLADAY, Introdução à física atômica e nuclear, p. 3.

nio com nêutrons não forneceu o resultado previsto. Assim, Fermi acreditou haver obtido um novo elemento químico transurânico.

Os produtos resultantes do experimento de Fermi e sua equipe apresentavam um comportamento químico tão complexo que outros cientistas trabalharam exaustivamente, por vários anos, para poder entendê-los. Finalmente, no ano de 1939, os químicos alemães Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassmann (1902-1980) e os físicos Lise Meitner (1878-1968) e Otto Robert Frisch (1904-1979) encontraram a solução. Os passos que levaram estes cientistas a encontrarem a solução do problema foram os seguintes: Em 1938, Hahn e Strassmann refizeram a experiência de Fermi na esperança de encontrar os transurânicos, contudo detectaram bário e lantânio. Meitner, refugiada na Suécia, ao receber uma carta de Hahn sobre suas experiências, concluiu que ele e Strassmann tinham conseguido partir o núcleo de urânio originando isótopos de elementos bem conhecidos, com aproximadamente a metade do peso do urânio. Frisch, sobrinho de Meitner, comprovou fisicamente o fenômeno e criou a palavra fissão para o processo.

A notícia dessa descoberta criou grande agitação no meio científico pois, um processo nuclear desta natureza tinha que liberar grandes quantidades de energia, conforme a equação de Einstein. A agitação ainda foi maior quando perceberam que na fissão do núcleo de urânio havia a liberação de outros nêutrons que poderiam vir a fissionar outros núcleos, liberando mais energia e novos nêutrons para continuar o processo (4), (5).

4. Emilio SEGRÈ, Dos raios X aos quarks: Físicos modernos e suas descobertas, cap. 10.

5. Jackson CRAVEN, Nuestro mundo atômico: La historia de la energia atômica, passim.

2.1.1. A Era Nuclear

Após a descoberta do processo de fissão os cientistas passaram a se preocupar em obter uma reação nuclear em cadeia controlada, com o urânio natural (U-238). Em 2 de dezembro de 1942, um grupo de cientistas sob à direção de Fermi - agora morando nos Estados Unidos - conseguiu a primeira reação em cadeia controlada, utilizando um reator de urânio natural e grafite em um laboratório improvisado no ginásio de esportes da Universidade de Chicago. O dispositivo foi chamado de CP-1 (Chicago Pile Number One) Pilha Nuclear No. 1 - Chicago, e ele seria uma primeira versão dos reatores nucleares modernos. Frequentemente, se faz referência a este fato como o princípio da era nuclear.

Os cientistas presentes naquela data histórica, em Chicago, formaram parte do grupo dedicado a desenvolver o projeto supersecreto chamado Manhattan Engineer District (Distrito de Manhattan). O projeto Manhattan como comumente é conhecido, tinha como finalidade principal o desenvolvimento de uma arma nuclear de fissão utilizando urânio. Embora, fosse o objetivo do projeto produzir uma bomba com U-235, ao mesmo tempo eram feitos esforços para desenvolver outra bomba de fissão diferente da primeira, utilizando plutônio. Mas, como o Pu-239 só podia ser obtido através da reação em cadeia, nos cernes dos reatores, o programa de construção de reatores teve de ser acelerado.

No dia 16 de julho de 1945, um grupo de cientistas montou cuidadosamente todos os componentes de uma bomba de plutônio que foi detonada com sucesso em Alamogordo, deserto do Novo Mexico. No dia 6 de agosto de 1945 foi detonada uma bomba de U-235 (Little Boy) sobre a cidade de Hiroshima, no Japão. Uma segunda bomba, agora de Pu-239 (Fat Man), foi detonada três dias

mais tarde sobre a cidade de Nagasaki, também no Japão. Desta forma, o mundo teve conhecimento de maneira dramática do poder de força contida no núcleo do átomo, e paradoxalmente com o intuito, ao menos à nível da propaganda, de garantir a paz mundial (6).

Com o término da II Guerra Mundial o governo dos Estados Unidos, tentando preservar seu monopólio nuclear e a proliferação de armas nucleares no mundo, encaminhou uma lei ao Senado que regulamentava a transferência de material estratégico norte-americano.

Em janeiro de 1946, foi criada a Comissão de Energia Atômica da Organização das Nações Unidas (CEANU) e, concomitantemente, o plano Baruch, pelos americanos. Este plano consistia do controle da energia nuclear em âmbito mundial, incluindo o controle das reservas mundiais de urânio e tório por um órgão específico da CEANU. O plano Baruch encontrou resistência da União Soviética que o rejeitou passando a propor imediata eliminação das armas nucleares.

Em 1949, chegou ao fim o monopólio nuclear norte-americano com a primeira explosão nuclear soviética. E, ao ser detonada em 1952, a primeira bomba da Grã-Bretanha, o plano Baruch mostrou não surtir mais efeito como sistema de controle. Neste mesmo ano foi dissolvida a CEANU.

Em 6 de dezembro de 1953, o presidente Eisenhower proferiu na Assembléia Geral da ONU o famoso discurso "Átomos para a Paz". Neste discurso o presidente norte-americano, mostrava o perigo da corrida armamentista e insistia nos benefícios que a energia nuclear poderia vir a trazer para a humanidade se ela fosse aplicada exclusivamente para fins pacíficos. Uma das suas propostas era o fornecimento de certas quantidades de mate-

6. Ibid., passim.

rial físsil, por países produtores, para uso das nações de menor desenvolvimento. Este material deveria ficar sob um sistema de inspeção e controle de um organismo internacional da ONU que asseguraria a sua aplicação para uso pacífico.

Em 1955, a ONU convocou a Primeira Conferência Internacional sobre o uso da energia atômica com fins pacíficos. Esta Conferência mostrou-se de suma importância pois nela é que, pela primeira vez, cientistas de quase todos os países tiveram oportunidade de reunir-se para discutir a energia nuclear. Novamente Eisenhower apresentou seu projeto de "Átomos para a Paz" já em andamento nos Estados Unidos.

Em 23 de outubro de 1956, os 81 países membros da ONU entre eles o Brasil - partidários das idéias de Eisenhower - aprovaram os estatutos para a criação e atribuições do órgão que deveria, a partir daquela data, inspecionar e controlar as atividades nucleares mundiais. E em 1957, em Viena - Áustria - o órgão foi formado oficialmente com o nome de Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Entretanto, na década de 60, com o progresso tecnológico no setor e o aumento nas perspectivas dos usos da energia nuclear, as atividades de inspeção da AIEA foram gradativamente sendo superadas pelas de controle, mediante a implementação operacional de salvaguardas. O Estatuto da AIEA é considerado por muitos como o primeiro tratado internacional em matéria de não proliferação.

Em 5 de agosto de 1963, os Estados Unidos e a União Soviética tentando impedir a corrida armamentista, patrocinaram um tratado de proibição de testes nucleares na atmosfera chamado "Tratado de Proscrição das Experiências com Armas Nucleares na Atmosfera, no Espaço Cósmico e sob a Água". Este tratado foi rejeitado pela França e República Popular da China que já tinham seus projetos de armas nucleares em andamento. As nego-

ciacões sobre não proliferação continuaram e na segunda metade dos anos 60, foram assinados mais três tratados. O primeiro, assinado em 1967, tratava da proibição do uso de armas nucleares no espaço cósmico, isto é, a colocação em órbita de objetos com armas nucleares. O segundo tratado assinado também em 1967, tratava da Proscrição das Armas Nucleares na América Latina. Este tratado ficou conhecido como Tratado de Tlatelolco - nome da cidade do México onde fora assinado - e é considerado o primeiro instrumento internacional à não proliferação de armas nucleares. Este tratado foi assinado e ratificado na época pelo Brasil. Todavia, só agora, com a meta do atual presidente de desnuclearizar o Brasil, é que este tratado passará a entrar plenamente em vigor. Isto porque, o Brasil não dispensou na época, conforme faculdade concedida pelo próprio tratado, a cláusula de que o tratado só entraria em vigor quando fosse assinado por todos os países latino-americanos.

O terceiro tratado, assinado em primeiro de julho de 1968, tratava da Não Proliferação de Armas Nucleares. Este tratado, conhecido como TNP (Tratado de Não Proliferação) criou muita polêmica. Muitos países, dentre eles o Brasil, não aderiram a este tratado pois ele impunha limites apenas à proliferação horizontal e não a proliferação vertical de armas nucleares (7), (8).

2.1.2. Situação Atual

Apesar de todos esses tratados, a proliferação de armas nucleares vem ocorrendo até os dias atuais. Essa corrida

7. Frederico FÜLLGRAF, A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear, passim.

8. Marco Antonio S. MARZO, Curso introdução a energia nuclear: Histórico do desenvolvimento da energia nuclear no Brasil, passim.

armamentista que antes era disputada entre as grandes nações atinge agora também as nações menores que vêem na posse da bomba, uma forma de demonstração de poderio. Por outro lado, a possibilidade da geração de energia elétrica pelas usinas nucleares que provocou inicialmente grande entusiasmo, já não vem causando tanta euforia. Embora o consumo mundial de energia nuclear continue aumentando, o número de reatores em construção vem diminuindo desde 1980 (9). Uma das causas para o desinteresse na construção de novos reatores são os seus custos elevados. Uma outra é a repercussão negativa de alguns acidentes ocorridos, a nível mundial, em centrais nucleares com a liberação de radiação.

2.2. Aplicações da Tecnologia Nuclear

A tecnologia nuclear atualmente tem dois campos distintos de aplicação: aplicações bélicas e aplicações pacíficas.

2.2.1. Aplicações Bélicas

As reações nucleares de fissão e de fusão dão origem a dois tipos de armas nucleares: a bomba atômica ou bomba A e a bomba de hidrogênio ou bomba H, respectivamente.

a) Bombas de Fissão

As armas de fissão utilizam U-235 e Pu-239, como explosivos nucleares. A bomba de fissão consiste de uma certa quantidade de U-235 que é fissionada por uma reação em cadeia

9. José GOLDEMBERG, O futuro da energia nuclear, Ciência Hoje, 7 (42) : 42.

não controlada até que a massa toda seja consumida pela fissão ou dispersada pela explosão. O U-235 ocorre na natureza em pequena proporção, para alterá-la e fazer com que o urânio se torne competitivo para uso militar, é necessário o seu enriquecimento. Ao ser usado na bomba o urânio deve ser extremamente puro; pois impurezas absorveriam nêutrons que são necessários para a continuação da reação em cadeia. A bomba é detonada disparando-se as diversas massas subcríticas de U-235 umas contra as outras para formar uma massa supercrítica. Este ajuntamento deve ser feito tão rapidamente quanto possível para que a explosão não comece quando mal for atingida a massa crítica desperdicando assim, as outras massas de urânio que cheguem atrasadas. Para evitar isto, coloca-se no centro do volume uma fonte de nêutrons que fornece o impulso inicial. A fim de reduzir as perdas de nêutrons por fuga a bomba fica contida dentro de um invólucro refletor. Além disso, a inércia do invólucro atrasa a expansão do urânio em reação. A bomba de plutônio segue os mesmos princípios de uma bomba de urânio. Contudo, como já foi dito, o plutônio é produzido em grandes quantidades num reator nuclear, e não precisa ser enriquecido para ser utilizado (10).

b) Bombas de Fusão

As armas de fusão utilizam várias combinações de isótopos de hidrogênio - deutério e trítio - dando como resultado átomos de hélio e liberação de grande quantidade de energia. Para a explosão da "bomba H" usa-se inicialmente, a explosão de uma bomba de fissão para fornecer temperatura suficiente para a fusão dos núcleos leves (deutério e trítio). Assim, a explosão da bomba de fusão é mais violenta que a de fissão. Como a

10. Otto OLDENBERG, Wendell G. HOLLADAY, Introdução à física atômica e nuclear, p. 316-317.

reação de fusão se processa a temperaturas altíssimas ela é chamada de reação termonuclear.

2.2.2. Aplicações Pacíficas

As aplicações pacíficas da tecnologia nuclear ampliam-se dia-a-dia criando novos horizontes. Estas aplicações são feitas por meio de reatores nucleares, de radioisótopos e análise por ativação com nêutrons nas áreas da agricultura, da indústria, da energia elétrica, da metalurgia, da medicina etc.

a) Reatores Nucleares

Após terem sido conhecidos os efeitos das explosões nucleares sobre as cidades do Japão, na II Guerra Mundial, os cientistas começaram a imaginar meios de controlar a liberação de energia do átomo para aplicações pacíficas. Entre estas aplicações sobressaiu, como de maior importância, a geração de energia elétrica. Apesar, do primeiro reator nuclear ter sido construído antes da primeira bomba atômica, só a partir de 1952 foi fabricado o primeiro reator comercial para a produção de eletricidade.

O reator é um dispositivo que permite que a reação nuclear de fissão em cadeia se processe de forma controlada. O calor produzido no reator nuclear é extraído por meio de um fluido refrigerante que não deve consumir nêutrons. Dependendo do modelo de reator, o fluido refrigerante pode ser transformado diretamente em vapor, ou pode fornecer calor ao gerador de vapor, para acionar a turbina. Em ambos os casos, o vapor depois de acionar a turbina passa por um condensador onde se resfria e se condensa, utilizando para isto, água do mar ou de rio. É im-

portante ressaltar que esta água não entra em contato com o circuito fechado água-vapor que aciona a turbina. No reator nuclear a reação em cadeia pode ser controlada por barras com elemento absorvedor de nêutrons - barras de controle - que quando introduzidas na massa crítica do urânio, fazem com que os nêutrons sejam retirados do ciclo de reação em cadeia sendo rapidamente absorvidos sem que ocorra o fenômeno da fissão. Além disso, existem as barras de segurança acionadas em caso de emergência. O reator apresenta ainda, uma blindagem contra a radiação nuclear que também constitui sua sustentação mecânica, e um sistema de refrigeração e troca de calor do qual se pode extrair a energia através de um conversor adequado. Há diversos tipos de reatores e eles são classificados segundo:

- i) a energia dos nêutrons que provocam a criticidade do reator;
- ii) o elemento combustível utilizado;
- iii) a forma do cerne do reator;
- iv) o tipo de moderador;
- v) o vaso de pressão;
- vi) o tipo de fluido refrigerante;
- vii) a sua utilização.

Quanto a sua utilização os reatores podem ser classificados em reatores de potência e reatores de pesquisa. A diferença entre estes reatores, está no produto principal que ambos podem produzir. O reator de potência produz energia elétrica e o reator de pesquisa produz nêutrons que servem para investigações científicas e tecnológicas.

Os reatores nucleares podem liberar radiação quando operando em condições normais ou em situações de acidente. Em condições normais de operação, os reatores nucleares produzem

pouca radiação. Isto porque, em seu projeto, os reatores estão cercados por várias medidas de segurança como diversas barreiras para a contenção das substâncias radioativas. Contudo, ao tomar-se o ciclo completo do combustível nuclear, onde os reatores nucleares constituem apenas uma das etapas constata-se um aumento dos riscos com a radiação. Em situações de acidentes os problemas com a radiação aumentam substancialmente. Ao ser desligado um reator continua gerando cerca de 10% de sua potência nominal. Se houver uma falha no sistema de refrigeração do reator esta quantidade de potência, sob forma de calor, poderá fundir completamente o cerne do reator havendo o perigo de uma explosão térmica do reator. Deve ser esclarecido aqui, que esta explosão não é igual a de uma bomba atômica. O que acontece é a expulsão para o meio ambiente, em forma de uma nuvem radioativa, do material radioativo acumulado no interior do reator durante o seu funcionamento normal. Este é considerado o acidente mais grave que pode ocorrer. Embora, tal acidente nunca tenha ocorrido ele não é impossível de acontecer (11), (12).

As declarações sobre segurança total em reatores nucleares e do ciclo do combustível estão hoje sendo questionadas devido a vários acidentes já ocorridos. Por isto, muitos grupos ecológicos e pacifistas têm resistido, com protestos, contra a instalação de usinas nucleares em seus países.

b) Aplicações com Radioisótopos

Ao conceber, projetar e construir os reatores, os cientistas visavam obter dispositivos que permitissem a produção de energia elétrica partindo da fissão nuclear. Os reatores, na

11. Luiz PINGUELLI ROSA, Panorama e perspectivas da energia nuclear, in SIMPÓSIO NACIONAL DE ENERGIA, p. 40-42 .

12. José GOLDEMBERG, O que é energia nuclear, passim.

realidade, funcionam também como dispositivos muito eficientes para a produção de radioisótopos. Com efeito, nas reações em cadeia que ocorrem com os combustíveis nucleares há uma sobra considerável de nêutrons. Os nêutrons são capazes de provocar a transmutação de inúmeros elementos químicos dando como resultado isótopos artificiais (radioisótopos). Os radioisótopos produzidos em reatores são usados em numerosas aplicações pacíficas. Eles são empregados de duas maneiras distintas (13), (14), (15), (16):

- i) Em pequenas quantidades como indicadores ou traçadores;
- ii) Em grandes quantidades como fontes de radiação.

b.1) Aplicações de Radioisótopos como Traçadores:

Os traçadores são isótopos radioativos que misturados com isótopos comuns do mesmo elemento revelam, por suas radiações, a localização deste elemento. São utilizados em:

- i) Aplicações Médicas: No campo das investigações metabólicas; da hematologia (para medir a taxa de circulação do fluxo sanguíneo no corpo humano); da endocrinologia; das moléstias da tireóide; das afecções gastro-intestinais; das moléstias ósseas; das afecções renais; dos fibromas (para a localização das ramificações de tumores malignos).

13. Donald J. HUGHES, Da energia nuclear: Possibilidades de seus usos em tempos de paz, cap. 6.

14. Otto OLDENBERG, Wendell G. HOLLADAY, Introdução à física atômica e nuclear, cap. 17 e cap. 20.

15. LIDADOR (ed.) Energia nuclear: Sua aplicação na indústria, cap. 4 e cap. 5.

16. Emico OKUNO, Física para ciências biológicas e biomédicas, cap. 2.

ii) Aplicações Agrícolas: Para medidas de absorção de nutrientes do solo; de distribuição de compostos alimentares; de cinética das reações químicas ligadas à síntese foliar; na erradicação de insetos (através da esterilização sexual); nas análises dos processos vitais da planta - como elas crescem, elaboram seus alimentos pela absorção da energia solar e, se reproduzem. É evidente a vantagem prática dessas medidas e análises pois elas estão diretamente relacionadas com o rendimento das colheitas.

iii) Aplicações Industriais: Na mineração, nas indústrias manufatureiras, nas indústrias de construções (serviços de eletricidade, água, gás, esgoto, obras sanitárias etc); na determinação de espessuras de chapas de aço ou papel; na medida de densidade; na medida de desgaste de peças em análises não-destrutivas; nas medidas de vazão de fluidos; na indicação de níveis em silos e outros recipientes; na verificação de trincas em vigas; na verificação da homogeneidade de misturas na fabricação de produtos farmacêuticos.

b.2) Aplicações de Radioisótopos como Fontes de Radiação

Os radioisótopos como fonte de radiação utilizam diretamente a energia liberada pela sua desintegração nuclear. São utilizados em:

i) Aplicações Médicas: Na medicina os radioisótopos podem ser empregados de duas maneiras:

a) como fontes de radiação interna - quando são diretamente administrados aos pacientes;

- b) como fontes externas - quando são colocados a uma certa distância do paciente.

Como fontes de radiação interna os radioisótopos servem para diagnóstico e tratamento de certas doenças ou tumores malignos. Como fontes de radiação externa os radioisótopos ao emitir radiação gama permitem a destruição de tecidos cancerosos sem afetar os tecidos sãos. Estas fontes são representadas pelas bombas de cobalto-60, irídio-192, rádio-226 e césio-137. As fontes externas também são usadas na esterilização de material cirúrgico (gases, seringas, bisturis, suturas cirúrgicas etc) eliminando a necessidade de fervê-los ou submetê-los a tratamento químico.

ii) Aplicações Agrícolas: No controle de pragas (esterilização de frutos); na conservação de alimentos (eliminando bactérias e microorganismos que contaminam os alimentos); nas sementes (provocando mutação nos seus genes e conseqüentemente fazendo com que a semente amadureça num período menor, aumentando assim a produção do fruto).

iii) Aplicações Industriais: Na gamagrafia (radiografias industriais - obtidas com radiação gama - com o objetivo de controlar a qualidade de peças forjadas e fundidas, soldas, homogeneidade de ligas etc.).

iv) Aplicações Militares: Na propulsão de navios e submarinos.

c) Análise por Ativação com Nêutrons

Há no campo da química fina as chamadas análises por ativação, que permitem a identificação de impurezas extremamente pequenas em quaisquer materiais que se esteja usando.

Na análise por ativação a amostra para ser analisada é submetida a um fluxo intenso de nêutrons, transformando algumas das impurezas em isótopos radioativos. Ela pode ser aplicada (17):

- i) Na eletrônica: para medir as impurezas nos semicondutores de silício.
- ii) Na agricultura: para determinar a presença de resíduos de inseticidas na colheita.
- iii) Na metalurgia: para determinar impurezas.
- iv) Na astronáutica: para determinar a composição de minerais do solo da lua e possivelmente dos planetas.
- v) Na criminalística: para identificar resíduos de pólvora, arsênico ou outras impurezas em um cadáver.
- vi) Na geologia: para analisar minerais.
- vii) Na gemologia: na coloração de cristais por radiação.

Atualmente as fontes radioativas constituem itens acessórios que estão contidos em produtos disponíveis no mercado industrial como: para-raios, detetores de fumaça, peças de reló-

17. William R. CORLISS, Analysis por activacion con neutrones, passim.

gio, mostradores de instrumentos, sinalizadores, discos de telefone, marca-passos cardíacos, etc.

d) Futuros Mercados da Energia Nuclear

Podem surgir substanciais mercados para as aplicações da energia nuclear na: construção de portos e estradas, abertura de canais etc (utilizando a própria bomba atômica); destilação da água do mar fazendo uso do excesso de calor perdido nos reatores; propulsão de foguetes a energia nuclear. Também a energia radioisotópica poderá ser usada em: satélites meteorológicos para comunicações e de navegação; sistemas para a exploração do espaço e missões espaciais; aplicações térmicas (aquecedores de espaçonaves e de trajes de natação); sistemas para recuperação de rejeitos em missões espaciais tripuladas; fontes de energia para marca-passos, bombas cardíacas.

2.3. A Questão Nuclear no Brasil

2.3.1. Antecedentes

Os debates e iniciativas sobre a política nuclear brasileira começaram em julho de 1945 com o primeiro acordo da era nuclear brasileira (18), (19). Este acordo tratava da venda de areia monazítica para os Estados Unidos, e a outros países mediante autorização americana. Posteriormente, em 1952 e 1954 foram assinados mais dois acordos de venda de areia monazítica para os Estados Unidos. Em 1951, no governo de Getúlio Vargas, foi criado o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq - hoje Con-

18. Frederico FÜLLGRAF, A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear, p. 35-60.

19. Primeiro, garantir a vida, Interior, no. 66, p. 38-40.

selho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) responsável por orientar a política geral de energia nuclear e adotar medidas necessárias a sua investigação e industrialização. Para sua presidência foi escolhido o almirante Alvaro Alberto, que por seu posicionamento nacionalista em defender o desenvolvimento da tecnologia nuclear brasileira, enfrentou forte pressão internacional. Inicialmente, em 1951, o almirante propôs uma legislação que protegesse as reservas nacionais de tório e urânio contra a espolição estrangeira. Apresentou também, um memorandum ao governo brasileiro propondo a venda de materiais nucleares para os Estados Unidos em troca de transferência de tecnologia nuclear. Com isto, o almirante pretendia a transferência de equipamentos e de prestação de serviços técnicos que viabilizasse um "programa nuclear brasileiro independente". Contudo, esta orientação nacionalista do CNPq encontrou resistência do Ministério das Relações Exteriores, principalmente do chefe do Conselho de Segurança Nacional, o general Juarez Távora.

Entretanto, o almirante Alvaro Alberto não se intimidou. Ao perceber que os Estados Unidos resistiam em fornecer ao Brasil a tecnologia nuclear que ele desejava, obteve autorização do governo Getúlio Vargas para negociar com outros países o fornecimento desta tecnologia.

Em 1952, Alvaro Alberto entrou em contato com o físico nuclear alemão Otto Hahn, seu antigo professor, com o objetivo de negociar a construção de três centrifugadoras para serem trazidas ao Brasil. Com estas centrifugadoras ele pretendia continuar as pesquisas de enriquecimento do urânio - por ultracentrifugação - abandonadas pelos americanos em 1943. Todavia, o projeto nuclear do almirante Alvaro Alberto não se concretizou. Quando as centrifugadoras estavam prontas e desmontadas para se-

rem embarcadas disfarçadamente, para o Brasil, tropas americanas entraram nos portos alemães e apreenderam o material.

Em 1955, o governo brasileiro passou ao Ministério das Relações Exteriores a responsabilidade pela condução dos assuntos nucleares relativos ao controle de exportação de minérios nucleares. O almirante Alvaro Alberto foi compelido a deixar a presidência do CNPq face às pressões americanas. Com a demissão do almirante tomou a frente dos negócios nucleares brasileiros, o general Juarez Távora que reorientou a política de energia nuclear do Brasil conforme a política adotada pelos Estados Unidos. Neste mesmo ano foram assinados dois acordos com os Estados Unidos, objetivando: a) um programa de prospecção de urânio; e b) a negociação de um reator de pesquisa.

A denúncia de irregularidades nos acordos nucleares do general Juarez Távora com os Estados Unidos, resultou na instalação de uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da energia nuclear na Câmara dos Deputados, em 1956. Ainda, neste ano, foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para ser o órgão gerador da política nuclear brasileira. Na época, alguns cientistas brasileiros de renome internacional como os professores José Leite Lopes e Marcello Damy de Souza Santos, partidários das idéias do almirante Alvaro Alberto, lutaram pela adoção de uma política nacional para o setor nuclear. Eles tentaram perante o governo a criação de um "Laboratório Nacional de Energia Nuclear" para a formação de cientistas na área nuclear. Contudo, em vez do laboratório, foi criado na Universidade de São Paulo o Instituto de Energia Atômica (IEA) voltado para a pesquisa e formação de pessoal. Foi comprado também, para este Instituto, um reator de pesquisas de projeto e fabricação da Babcock & Wilcox, USA.

No governo João Goulart (1961-1964) ficou estabelecido o monopólio da União sobre os minérios radioativos e decidido a construção da primeira central nuclear a urânio natural-grafite. Este projeto foi abandonado posteriormente. Em Belo Horizonte, em 1962, foi proposto a criação de um instituto similar ao IEA, o Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) que comprou um reator de pesquisas de projeto e fabricação da General Atomic, USA.

Entre 1958 e 1966 o governo brasileiro veio resistindo as constantes investidas da CNEN, que propunha a construção de uma usina nuclear na região Sudeste. Neste período, destaca-se a fabricação e montagem no Brasil do reator de pesquisas Argonauta, de projeto do Laboratório Nacional de Argonne - USA, no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). Em 1967, no governo do presidente Costa e Silva (20), foi feito um planejamento para a compra e construção de um reator nuclear mediante concorrência internacional, que elevaria o Brasil a categoria de potência nuclear. A principal motivação para este planejamento foi a preocupação do governo brasileiro com o avanço da Argentina no campo nuclear. A Argentina já construía o seu primeiro reator de potência e os militares estavam temerosos de que com isso, ela pudesse superar militarmente o Brasil. Por isto, o presidente enviou seu ministro das Minas e Energia, Costa Cavalcanti, em uma missão de entendimentos sobre troca de tecnologia nuclear em vários países. Desta viagem resultaram a assinatura do Protocolo de Cooperação Técnico-Científica com a Alemanha e a criação da Comissão Mista Teuto-Brasileira para Pesquisa Nuclear. Estas medidas forneceram as bases do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha que seria assinado posteriormente, em 1975, pelo general Ernesto Geisel, então presidente do Brasil.

20. O programa nuclear brasileiro: Um balanço, Ciência Hoje, 5 (26) : 82.

No início da década de 70 aconteceu o que é conhecido como a "crise do petróleo" que, entre outras consequências, levou os governos e cientistas do mundo a buscarem fontes alternativas de energia. A energia nuclear foi uma das opções encontradas para a produção de energia elétrica.

O Brasil, utilizando-se do planejamento feito em 1967, no governo Costa e Silva, criou em 1971 a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) subordinada a CNEN, e assinou em julho de 1972 um acordo nuclear com a empresa americana Westinghouse para a construção da primeira usina nuclear (21). No acordo, além da construção da usina a Westinghouse se comprometia a transferir, no mínimo, 500 toneladas de urânio enriquecido para o funcionamento do reator e de lhe dar assistência técnica pelo período de 30 anos. Assim, o Brasil apenas seria suprido de equipamentos e não receberia a tecnologia das partes "mais delicadas" do ciclo do combustível, especialmente o enriquecimento e o reprocessamento do urânio. Com o contrato feito com a Westinghouse, o Brasil optou em seu programa nuclear por usinas com reatores do tipo PWR (Pressurized Water Reactor).

Em 1974, decorridos dois anos do início da construção de Angra I, alguns segmentos do governo começaram a achar o projeto equivocado pois, além de não assegurar a transferência de tecnologia para o país deixava-o dependente em relação ao fornecimento do combustível nuclear. Após a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos ter quebrado dois contratos com Furnas - quanto a garantia do fornecimento de urânio enriquecido - os órgãos governamentais resolveram transferir as decisões e atividades do setor nuclear do âmbito das empresas geradoras de eletricidade para os órgãos responsáveis pela segurança nuclear. Deste modo, foi criada em 16 de dezembro de 1974 - no governo

21. Frederico FÜLLGRAF, A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear, p. 61-96.

Geisel, a Nuclebrás - Empresa Nuclear Brasileira S.A. - sociedade de economia mista vinculada diretamente ao Ministério das Minas e Energia. Esta empresa veio ocupar o lugar da CBTN responsável pelo setor até então. A Nuclebrás tinha as seguintes atribuições:

- a) realizar pesquisa, lavra e beneficiamento de urânio e de outros minerais nucleares;
- b) promover o desenvolvimento da tecnologia nuclear e sua respectiva assimilação pela indústria privada do país;
- c) apoiar a formação de pessoal;
- d) ocupar-se da construção e operação de indústrias de componentes para instalações nucleares.

Para a fiscalização das atividades do setor, foi reestruturada no mesmo ano a CNEN.

2.3.2. Acordo Nuclear Brasil-Alemanha

Em 1975, em meio à crise energética, o governo brasileiro anunciou que, após terem sido feitos estudos referentes aos recursos hídricos disponíveis na Região Sudeste estes começariam a rarear na década de 1990, sendo urgente a implantação de usinas nucleares para o fornecimento da energia elétrica necessária. Embora restassem os recursos hídricos da Região Norte esta hipótese tinha sido descartada, por se tornar inviável a transmissão de energia elétrica a longas distâncias, o que impediria de se trazer aos centros mais desenvolvidos do país a energia potencialmente disponível do Rio Amazonas e de seus afluentes (22). O que os militares tentaram esconder na época

22. A luta política contra o acordo nuclear, BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 2, p. 11-12.

foi o seu interesse pelo domínio da tecnologia do enriquecimento do urânio. Esta tecnologia lhes traria a capacitação necessária à produção de armas nucleares. Desta forma, em 27 de junho de 1975, em Bonn, o governo brasileiro assinou um acordo com a República Federal da Alemanha (RFA) - chamado Acordo sobre Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear - de quem o Brasil absorveria a tecnologia nuclear com o objetivo de colocar em prática o Programa Nacional de Energia Nuclear (23). O acordo estabelecia a construção de oito centrais nucleares no Brasil - quatro até 1986 e as restantes até 1990 -, bem como de usinas de enriquecimento de urânio e reprocessamento de combustível nuclear. Segundo o contrato o Brasil deveria ter, no final de 15 anos (1990), o ciclo completo do combustível. Em troca a Alemanha deveria possuir urânio necessário para movimentar suas instalações atômicas. Como resultado imediato do acordo de cooperação com a Alemanha foram criadas em dezembro de 1975, as 4 primeiras empresas subsidiárias da Nuclebrás:

- a) Nuclebrás Engenharia S.A. (NUCLEN), encarregada da área de serviços de engenharia para usinas nucleares;
- b) Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP), responsável pela fabricação dos componentes pesados das usinas nucleares;
- c) Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A. (NUCLEI), encarregada da construção de uma usina de demonstração de enriquecimento de urânio;
- d) Nuclebrás Auxiliar de Mineração S.A. (NUCLAM), responsável pela prospecção, pesquisa, minera-

23. Frederico FÜLLGRAF, A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear, p. 64.

ção e beneficiamento de minérios de urânio.

Posteriormente, foram criadas mais duas subsidiárias: A NUCLEMOD e a NUSTEP.

A primeira usina nuclear brasileira - Angra I - formaria com as duas centrais iniciais do Acordo Brasil-Alemanha - Angra II e Angra III, a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto situada no município de Angra dos Reis, RJ. Sua finalidade seria a de fornecer energia elétrica para a Região Sudeste, especialmente RJ, SP, MG. Duas outras usinas tiveram em 1980 sua localização fixada entre as cidades de Peruíbe e Iguape, no litoral de São Paulo. Em 1981 foi anunciado o propósito de construir um grande complexo nuclear no Ceará.

As pressões norte-americanas contra o acordo com a Alemanha somadas à crise financeira que se agravou no país no início da década de 80, provocaram uma profunda desaceleração do Programa Angra em relação à construção das três usinas. Angra I sofreu uma série de dificuldades financeiras e tecnológicas e, apenas no último ano do governo Figueiredo - 1985 -, entrou em operação comercial. Angra II e III ficaram praticamente paralisadas durante aquele período enquanto surgiram progressos maiores nas áreas de mineração e industrialização de urânio e fabricação do elemento combustível.

2.3.3. Programa Paralelo

Enquanto o programa de construção de reatores pelo acordo com a Alemanha se conduzia lentamente nasceu, em fevereiro de 1980, um programa nuclear paralelo executado sob o controle da Aeronáutica e da Marinha (24). Este programa vem se de-

24. Flaminio FANTINI e Raymundo COSTA, A epopéia do urânio, Isto É, no. 590, p. 46-52.

envolvendo em Iperó (SP) no Centro Experimental de Aramar. Neste centro a Marinha através de sua Coordenadoria para Projetos Especiais (COPESP) em colaboração com o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo (IPEN) - antigo IEA - desenvolve dois grandes projetos: a) o domínio completo do ciclo do combustível em escala-piloto e, b) a instalação de um reator nuclear de pesquisa de pequeno porte (50 Mw). O objetivo a longo prazo é a construção de um submarino movido a energia nuclear. O processo de enriquecimento do urânio, ali pesquisado, é diferente daquele estabelecido no acordo com a Alemanha. No Acordo, o enriquecimento do urânio seria feito pelo processo dos jatos centrífugos, enquanto no programa paralelo o enriquecimento do urânio é feito por ultracentrifugação.

De 1980 à 1987 este programa nuclear esteve fora do controle da sociedade civil. O pouco que se sabia do programa era de vazamentos de informações proporcionadas pelos próprios militares.

No dia 4 de setembro de 1987, o Presidente José Sarney anunciou que o Brasil dominava a tecnologia do enriquecimento do urânio por ultracentrifugação. Quase um ano depois, em 31 de agosto de 1988 o Presidente Sarney e o Ministro das Minas e Energia, Aureliano Chaves, assinaram um decreto que determinava a extinção da Nuclebrás e a criação de outra empresa para substituí-la, as Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB). Neste decreto as usinas nucleares passaram ao controle da Eletrobrás, que ficou encarregada de terminar as obras de Angra II e Angra III. A CNEN foi mantida apenas como órgão técnico central do sistema. Como órgão máximo para definir a política no setor foi criado o Conselho Superior de Política Nuclear (CSPN), integrado por 17 ministros, por 3 parlamentares, pelos presidentes das Indústrias Nucleares do Brasil, da CNEN e da Eletrobrás,

além de três cientistas de estados diferentes (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais). O governo também decidiu privatizar duas das seis empresas que estavam subordinadas a Nuclebrás (NUCLEMON - responsável pela industrialização e fornecimento de areias monazíticas às indústrias eletrônicas, ópticas, metalúrgicas e fabricantes de cerâmicas e a NUCLEP) (25).

Com a criação da INB e de sua subsidiária a Urânio do Brasil S.A. - que cuidará da mineração do urânio e da produção de seu concentrado, o governo decidiu unir o programa nuclear oficial assinado com a Alemanha, com o paralelo das Forças Armadas coordenado pela CNEN e IPEN, transformando-o no Programa Nacional de Energia Nuclear.

2.3.4. Controvérsias

Praticamente desde o seu início, a política nuclear brasileira vem sofrendo críticas. Quando em 1968 o Brasil optou pela linha de reatores a urânio enriquecido, houve oposição por parte de técnicos e cientistas brasileiros. As maiores oposições foram: a) dos físicos que defendiam a linha a urânio natural - por permitir uma maior autonomia do país em relação ao combustível nuclear - e, b) dos físicos do chamado grupo do Tório que estudavam, desde 1963, as aplicações do tório como combustível nuclear. Este grupo tinha sido desfeito em 1967 pelo regime militar. Após a realização do Acordo Brasil-Alemanha em 1975, essas críticas tornaram-se mais acentuadas (26). Alguns físicos da SBF (Sociedade Brasileira de Física) manifestaram-se contrários ao Acordo, pois novamente, a comunidade científica e técnica não tinha sido consultada sobre o programa de energia

25. A sucata exposta, Veja, no. 36, p. 111.

26. A luta política contra o acordo nuclear, BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 2, p. 11.

nuclear. As decisões tinham sido tomadas por militares, órgãos governamentais e especialistas alemães. Além disso, os cientistas questionavam se haveria necessidade de um programa de tal magnitude em face do potencial hídrico brasileiro.

Entre 1976 e 1977 a SBF realizou seminários e publicou alguns artigos com críticas ao Acordo. Estas críticas estavam mais voltadas para o modo como estava ocorrendo o processo de transferência de tecnologia, o estudo da segurança dos reatores nucleares e o problema do armazenamento do lixo atômico. Estes dois últimos assuntos, unidos aos problemas de construção e funcionamento de Angra I, mobilizaram os ecologistas brasileiros com o intuito de denunciar à opinião pública o lado negativo da energia nuclear.

Já entre 1978 e 1980 os debates concentraram-se mais no alto custo da energia nuclear para o Brasil em vista do seu potencial hídrico total, subestimado nos estudos realizados antes do Acordo Brasil-Alemanha. Nesse período, com uma maior abertura política no país, tanto engenheiros e técnicos do setor energético brasileiro quanto industriais e até alguns elementos do governo começaram a questionar a viabilidade do programa nuclear. No final de 1978, devido a denúncias de: irregularidades financeiras; alterações deliberadas, da Eletrobrás, no cálculo do potencial hídrico nacional; dependência tecnológica brasileira face à indústria nuclear alemã, instalou-se uma CPI nuclear do Acordo (27). Esta CPI criou um clima favorável à revisão do Acordo. Assim, em 1980 houve a primeira revisão do programa nuclear brasileiro. Nesta revisão foi estipulado que o prazo de construção dos oito reatores alemães deveria ser prorrogado em 5 anos, isto é, o prazo deveria se estender de 1990 para 1995.

27. Frederico FÜLLGRAF, A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear, p. 88-89.

Em 1985, logo que iniciou seu governo, o presidente José Sarney anunciou a decisão de relegar a segundo plano os projetos de alto custo econômico-financeiro - entre eles o Programa Nuclear. Deste modo, em 2 de setembro de 1985 o presidente constituiu uma comissão para a reavaliação do Programa Nuclear. Esta comissão foi presidida por José Israel Vargas e formada por técnicos da área oficial e cientistas de diversos campos. No dia 19 de abril de 1986 a comissão apresentou um relatório final ao presidente, onde foram feitas várias recomendações quanto a direção que deveria ser dada ao programa nuclear. As recomendações resumidamente diziam que:

a) Em relação aos aspectos institucionais do Programa deveria haver uma mudança da estrutura das subsidiárias da Nuclebrás associadas às empresas alemãs, bem como, a criação de uma comissão reguladora e fiscalizadora das atividades nucleares com o intuito de eliminar a ambigüidade da CNEN (órgão promotor e fiscalizador do setor nuclear). Além disso, deveria ser criado um Conselho Deliberativo constituído por representantes tanto do governo quanto da sociedade nomeados pelo Presidente.

b) Em relação aos aspectos pacíficos do Programa foi enfatizada a importância de ser mantida a sua natureza pacífica, e de ser estabelecido um acordo bilateral Brasil-Argentina objetivando promover empreendimentos conjuntos com controle e prevenção contra a produção de armas nucleares.

c) Em relação aos aspectos técnicos do Programa foi proposto que apesar da energia nuclear só se tornar competitiva ou necessária a partir do ano 2015, isto é, só dentro de 30 anos, deveriam ser mantidas as relações de cooperação com a República Federal da Alemanha, em ritmo mais lento, dando continuidade à construção das usinas de Angra II e Angra III e poste-

riormente, em 1989, a decisão de construção de uma quarta central. Também foi proposto que as atividades de fabricação de componentes pesados deveriam continuar conforme as necessidades das centrais em construção e que deveriam prosseguir as três pesquisas independentes quanto ao ciclo do combustível nuclear (difusão gasosa, ultracentrifugação e jatos centrífugos) para ser decidido, mais tarde, qual o melhor método a ser adotado pelo Brasil (28), (29), (30).

Apesar das controvérsias geradas o programa nuclear continua tendo o seu prosseguimento. Em 1988, ao anunciar a união do Programa Paralelo ao Programa Oficial, o Presidente José Sarney declarou que o Programa Nuclear Brasileiro se tornaria racional, "dando um basta ao desperdício" e as informações sobre o programa, chegariam à nação de maneira "cristalina e objetiva" (31).

2.3.5. Situação Atual do Programa Nuclear Brasileiro

Como já foi dito, o Programa Nuclear Brasileiro começa a ter maior transparência. Isso vem ocorrendo devido ao próprio processo de democratização por que o país está passando.

Ainda no governo Sarney, em junho de 1989 três cientistas alemães, entre eles dois responsáveis pelo Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, recomendaram que o governo brasileiro desativasse definitivamente Angra I e repensasse a construção de

28. Luiz Carlos de MENESES, O programa nuclear: A comissão e o presidente, in BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FISICA, no. 3, p. 32-33.

29. A sucata exposta, Veja, no. 36, p. 111.

30. O programa nuclear brasileiro: Um balanço, Ciência Hoje, 5 (26) : 82.

31. Programa Nacional de Energia Nuclear, Diário Catarinense, 04/09/1988.

Angra II e III. Para Angra I apresentaram três razões principais que tornavam sua operação problemática: sua localização sobre uma falha geológica, a fragilidade dos sistemas de segurança contra a pressão do reator e as falhas nos dutos de refrigeração. Consideraram ainda um risco adicional o fato de estar sendo ligada e desligada a todo momento provocando o risco de acidente.

Em 1990, no dia 27 de março, agora na gestão do presidente Fernando Collor, criou-se um grupo de trabalho (GT-Pronen) interministerial com o objetivo de fazer um relatório sobre as atividades nucleares no país. O grupo foi formado por representantes dos três ministérios militares, da Infra-estrutura e Relações Exteriores, além das secretarias da Ciência e Tecnologia, Meio Ambiente e Assuntos Estratégicos (SAE). Em junho, o grupo concluiu relatório propondo altos investimentos em projetos militares. O relatório do GT-Pronen ainda informou ao Presidente que: a) o Centro Tecnológico do Exército (Cetex) pesquisava a construção de um reator nuclear moderado a grafite com urânio natural metálico como combustível (reator que produz mais plutônio que os demais) (32); b) o principal projeto nuclear da Aeronáutica era o desenvolvimento de um reator de regeneração rápida, para produção de energia elétrica, capaz de ser alimentado com tório ou urânio (33). Já a Marinha continuava seu projeto, no Centro Experimental de Aramar (SP) para a construção de um submarino nuclear (34).

32. Projeto do Exército já gastou US\$ 49 milhões, Folha de São Paulo, 23/09/1990.

33. Ricardo JULIO, Aeronáutica tem reator que libera plutônio, Folha de São Paulo, 23/09/1990.

34. Roberto LOPES, Marinha quer iniciar submarino nuclear até 92, Folha de São Paulo, 23/09/1990.

No dia 21 de junho foi instalada uma nova CPI de energia nuclear para investigar o programa paralelo (35). Um dos assuntos investigados foi apurar quem seria o responsável pela construção de um poço de 320 metros de profundidade, na base aeronáutica na Serra do Cachimbo (PA). Este poço criou muita polêmica, pois quando foi revelada a sua existência em agosto de 1986, suspeitou-se logo que sua construção se destinava à realização de testes com explosivos nucleares (36).

No dia 18 de setembro de 1990 o presidente Fernando Collor lacrou, simbolicamente, o poço na Serra do Cachimbo (37). O gesto foi anunciado pelo governo, como demonstração de que o Brasil não tem intenção de desenvolver armas nucleares. Com isto, o governo tenta acabar com os boatos da imprensa internacional de uma suposta cooperação do Brasil com o Iraque na área nuclear.

No dia 28 de novembro de 1990 o presidente brasileiro juntamente com o presidente argentino Carlos Menem assinaram um documento criando um Sistema Comum de Contabilidade e Controle (SCCC) em seus respectivos programas nucleares (38), (39). Este acordo tem um duplo significado: a) demonstrar o fim da concorrência entre Brasil e Argentina na área nuclear; e, b) criação de sistemas próprios de salvaguardas com a cooperação e

35. Eumano SILVA, CPI retomará depoimentos, Folha de São Paulo, 23/09/1990.

36. Luiz PINGUELL ROSA, Fernando Souza BARROS e Anselmo PASCHOA, Análise da compatibilidade da perfuração de 320 metros de profundidade na Serra do Cachimbo com as perfurações para explosões nucleares subterrâneas realizadas no Nevada Test Site, in BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 3, p. 17-19.

37. Octávio BONFIM, Desnuclearização, Correio Brasiliense, 30/09/1990.

38. IDEM, Collor e Menem eliminam testes atômicos, Correio Brasiliense, 25/11/1990.

39. Abertura Latina, Isto É, no. 1107, p. 32-33.

o controle da AIEA, evidenciando para todo mundo, as intenções pacíficas do programa nuclear brasileiro.

2.4. Os Acidentes Nucleares e Radioativos

Muitos acidentes nucleares ocorreram nestes quase 40 anos de funcionamento dos reatores nucleares. Até 1987, a literatura sobre o assunto listava pelo menos 39 ocorrências de grande importância (40), (41).

O Canadá foi o primeiro país a concentrar-se em programas civis nucleares e, em 1952, foi o primeiro país a ter um acidente nuclear. Um reator de pesquisa em Chalk River explodiu sem graves conseqüências. Mais tarde, em outubro de 1957 houve um incêndio na central inglesa de Windscale, em um reator destinado a produção de plutônio para uso militar. O reator explodiu liberando uma nuvem radioativa. Em 1983, o governo inglês admitiu que 39 pessoas morreram de câncer em conseqüência deste acidente.

Em janeiro de 1961 ocorreu uma explosão na central nuclear SL-1, em Idaho Falls, nos Estados Unidos. Um reator experimental militar entrou em pane após a retirada imprudente de uma barra de material radioativo. Como conseqüência três técnicos de reparação morreram. Em 1962, uma criança, na cidade do México, encontrou na rua uma fonte de radiação gama, provavelmente usada em radioterapia. A criança levou a fonte para casa e a colocou em uma jarra de doces. Todos da família morreram, com exceção do pai que visitava a criança nos finais de semana (42). Já em 1963, ocorreu outro acidente agora com o submarino nuclear

40. Diante da morte e perplexos, Isto É, no. 564, p. 19.

41. Trinta anos de medo, Isto É, no. 489, p. 40.

42. Eliot MARSHALL, Juarez: an unprecedented radiation accident, Science, 223 : 1152-1154.

dos EUA - o Tresher - que desapareceu com 129 pessoas à bordo durante uma imersão.

Na década de 70, ocorreram mais três grandes acidentes em usinas nucleares (43). Em março de 1975, houve um acidente nos EUA, em duas usinas em Browns Ferry, no Alabama. Um incêndio que durou 7 horas avariou o dispositivo de emergência de um reator, e obrigou o fechamento de outro. No dia 28 de março de 1979, a unidade no. 2 da Central Nuclear de Three Mile Island, em Harrisburg (Pensilvânia - EUA) teve problemas. Ocorreu uma falha no sistema de refrigeração e a formação de uma bolha de hidrogênio com o perigo do derretimento do núcleo do reator (meltdown) - "síndrome da China". Durante alguns dias houve vazamento de material radioativo do reator e risco de uma catástrofe. Contudo, o acidente não provocou vítimas. Dez anos após o acidente, o Departamento de Energia dos Estados Unidos confirmou que aproximadamente metade do cerne derreteu e um terço desse material ficou no fundo do vaso do reator.

Na década de 80 ocorreram mais acidentes. Em março de 1981, 56 pessoas ficaram contaminadas na central de Tsuruga (Japão) depois de um acidente provocado por falha humana. Em dezembro de 1983 aconteceu em Juarez, no México, um acidente radioativo com um aparelho de radioterapia (44). Este aparelho foi roubado por catadores de lixo, vendido para um ferro-velho das proximidades onde foi aberto, espalhando 6.010 pastilhas metálicas de cobalto-60. O material do aparelho foi vendido como sucata para duas fundições no México e uma nos Estados Unidos. O acidente só foi descoberto um mês mais tarde, em 16 de janeiro, quando um caminhão carregado com rodas de aço, feitas da sucata radioativa, fazia uma entrega no Laboratório Nacional de Los

43. Carlo RUBBIA, O dilema nuclear, p.43-46.

44. Eliot MARSHALL, Juarez: an unprecedented radiation accident, Science, 223 : 1152-1154.

Alamos, no Novo México. O caminhão passou sobre um sensor de radiação, ativando seu alarme. Neste acidente 200 pessoas receberam doses elevadas de radiação, contudo, nenhuma veio a falecer.

Na segunda metade da década de 80, ocorreram dois novos acidentes com grandes repercussões mundiais. O primeiro ocorreu em 1986, na Central Nuclear de Tchernobyl, na Rússia enquanto que o segundo ocorreu em 1987, com um aparelho de radioterapia na cidade de Goiânia, no Brasil.

2.4.1. Tchernobyl

Apesar das poucas informações vindas da Rússia, alguns artigos, Colin (45) e Gross (46), esclarecem o que aconteceu com o reator no. 4 da usina de Tchernobyl, em abril de 1986.

A usina de Tchernobyl continha na época do acidente, 4 reatores refrigerados a água leve e moderados a grafite. Em 25 de abril de 1986 estava previsto a realização de serviços rotineiros de manutenção no reator no. 4.

Antes de desligar o reator completamente para manutenção, os técnicos aproveitaram para realizar uma experiência. A experiência tinha por objetivo testar a possibilidade de um dos geradores da própria usina de Tchernobyl fornecer energia elétrica, por um breve período, para alimentar o sistema auxiliar de fornecimento de energia do reator quando este sistema sofresse uma parada momentânea. Caso os técnicos provassem a viabilidade desta solução de emergência conseguiriam fazer com que os sistemas auxiliares de fornecimento de energia funcionas-

45. Norman COLIN, Chernobyl: errors and design flaws, Science, 233 : 1029-1030.

46. Bernhard GROSS, Tchernobyl um ano depois: O que houve afinal?, Ciência Hoje, 6 (32) : 32-33.

sem, evitando deste modo, a interrupção na alimentação elétrica dos sistemas de controle e manutenção do reator e conseqüentemente, evitando que o reator continuasse funcionando sem as necessárias medidas de segurança.

É bom ressaltar que mesmo após a queda de fornecimento de energia para a usina o gerador continuaria funcionando; pois a turbina que o alimentaria, continuaria a girar devido a sua grande inércia mecânica.

Como os técnicos pretendiam realizar o experimento quando a potência estivesse entre 700 e 1000 Mw (th) eles começaram a reduzir a potência do reator de seu nível de operação normal - 3200 Mw (th) - para desligar a unidade. Doze horas depois conseguiram que a potência do reator caísse pela metade.

O reator no. 4, onde se realizava a experiência, alimentava dois geradores de energia elétrica. Contudo, como os técnicos pretendiam realizar o experimento apenas com um dos geradores o outro foi desligado. Para evitar qualquer possibilidade de que o sistema de refrigeração de emergência fosse ativado durante os testes ele também foi desligado.

O que ocorreu a seguir foi uma sucessão de erros que culminou no acidente nuclear.

Inicialmente os técnicos tiveram que adiar por nove horas a experiência pois houve um aumento da demanda energética pelos consumidores da região. Neste período o reator no. 4 continuou funcionando para atender a demanda mesmo em condições adversas.

Ao retomarem à experiência, os técnicos desligaram o sistema automático de controle e voltaram a reduzir a potência do reator através do controle manual. Entretanto, o operador encarregado disso não conseguiu equilibrar com rapidez o sistema ocasionando uma queda brusca na potência do reator para 30 Mw

(th). Duas horas depois, a 1:00h do dia 26 de abril, o operador conseguiu que a potência aumentasse para 200 Mw (th). Para aumentar mais a potência do reator, para o nível desejado, as barras de controle teriam que ser levantadas. Todavia, isto causaria um aumento brusco na reação em cadeia de fissão sem condições de ser controlada. Mesmo assim, os operadores levantaram algumas barras e decidiram continuar os testes apesar do reator não apresentar condições adequadas para isso.

O reator de Tchernobyl foi projetado para operar com quatro bombas que fazem a água de refrigeração circular pelo cerne do reator retirando o calor produzido pelas fissões. Nesse experimento, além das quatro bombas de projeto foram adicionadas mais quatro elevando para oito o total de bombas de circulação. Este foi um outro erro porque como havia menor produção de vapor, já que a potência estava baixa, o volume de água circulando aumentou consideravelmente. Isso levou a uma queda de pressão de vapor e do nível de água nos separadores de vapor fazendo soar os alarmes que exigiam o desligamento imediato do reator. Mas, em vez de desligar o reator o operador desligou o sistema de alarme.

Para desacelerar o gerador e assim iniciar o experimento propriamente dito, os técnicos fecharam as válvulas que controlavam a saída de vapor para movimentar as turbinas e consequentemente o gerador. Como a intenção dos técnicos era a de poder ligar e desligar o gerador várias vezes, eles desligaram o sistema composto pelas barras de proteção para evitar que elas entrassem em funcionamento automático nas condições irregulares de funcionamento do reator.

Aproximadamente um minuto depois do teste começar, o operador reduziu a vazão d'água para o cerne do reator, presumivelmente para ajudar a manter a pressão de vapor. Então, como

4 das 8 bombas que forneciam água de refrigeração para o reator, eram mantidas pelo gerador que agora estava desacelerado, a quantidade de água de refrigeração fluindo através do reator diminuiu muito. Com isto, houve um aumento de potência. Meia hora após ter iniciado o teste o engenheiro chefe deu a ordem para ligar o botão de emergência que mergulha as barras de controle no reator para parar a reação nuclear. Elas desceram. Estouros foram ouvidos e algumas das barras pararam antes de alcançar a base do reator. Os operadores então, removeram o mecanismo de direcionamento para que as barras caíssem pelo seu próprio peso. Todavia, a situação já estava fora de controle. A potência continuou a aumentar produzindo um aumento de temperatura e como consequência geração de vapor ao redor dos elementos combustíveis impossibilitando a retirada de calor pela água. O combustível superaquecido começou a desintegrar-se. Este superaquecimento gerou pulsos de pressão que romperam os canais de refrigeração e levaram a destruição da parte superior do reator. O vapor liberado entrou no edifício do reator reagindo com o grafite produzindo mais calor e hidrogênio. A estrutura de grafite incendiou-se. O hidrogênio liberado explodiu ao combinar-se com o oxigênio do ar, ocasionando a liberação de uma nuvem radioativa que atingiu com diferentes intensidades alguns países da Europa e indiretamente o Brasil, através da importação de alimentos contaminados.

Nesse acidente 31 pessoas morreram. Duas morreram na hora e as demais no mês seguinte. Outras 237 pessoas sofreram ferimentos de alguma gravidade e milhares ainda hoje submetem-se a controles especiais. Recentemente, em junho de 1990, morreu um soviético que participou dos trabalhos de descontaminação da usina e que estava fazendo tratamento nos Estados Unidos.

Hoje, Tchernobyl é de novo uma usina em operação. Desde outubro de 1986 as unidades 1 e 2 voltaram a funcionar. A unidade 3 vizinha a unidade 4, encontra-se ainda em processo de descontaminação. Quanto ao reator no. 4 recoberto nos quinze dias que se seguiram à explosão - com areia e barro e posteriormente com uma camada de concreto - provavelmente não funcionará mais.

2.4.2. Goiânia

Apesar da divergência de depoimentos sabe-se que no dia 13 de setembro de 1987, foi retirada por dois sucateiros, de um prédio abandonado em ruínas, uma caixa de chumbo (47), (48), (49). O prédio abandonado fora local de funcionamento até 1985, do Instituto de Radiologia de Goiânia - especializado no tratamento de pacientes com câncer. A caixa de chumbo sem os sucateiros saberem, era uma unidade de radioterapia com um cilindro de metal no seu interior contendo césio-137. Os sucateiros pegaram a caixa de chumbo com a finalidade de vendê-la para um ferro-velho de um bairro da cidade. Após a compra da unidade de radioterapia, o dono do ferro-velho e os sucateiros decidiram por abrir a caixa completamente. Resolveram também abrir o cilindro de metal e no seu interior encontraram uma pequena peça de 2 cm². Notaram que do cilindro saía uma certa luminescência e resolveram também quebrá-lo para retirarem de lá, o objeto que emitia o brilho azulado. Encontraram uma pastilha (constituída por 28 g de Cloreto de césio - CsCl e mais 63 gra-

47. Fernando GABEIRA, Goiânia, Rua 57: O nuclear na terra do sol, passim.

48. Leslie ROBERTS, Radiation accident grips Goiania, Science, 238 : 1028-1029.

49. CIÊNCIA HOJE. Autos de Goiânia, v. 7, no. 40, passim.

mas de um aglutinante), que ao contato se desfêz. Fascinados pelo brilho tanto os sucateiros quanto o dono do ferro-velho levaram para casa um pouco do pó de césio-137 que estava dentro do cilindro, e distribuíram entre parentes e amigos. Desta maneira, começou um grave acidente radioativo em Goiânia.

Transcorreram quinze dias antes que se soubesse da existência de pessoas contaminadas pelo césio (50). O césio-137 é um isótopo do elemento césio e como tal emite radiações. Estas radiações podem ser usadas para a cura de fibromas como pode trazer conseqüências danosas quando indevidamente manuseadas como constatado em Goiânia.

No acidente as pessoas ficaram contaminadas pelo césio devido a sua ingestão, inalação e/ou seu manuseio. Como o césio possui propriedades químicas que fazem com que ele se fixe nos tecidos, após o acidente, foram identificadas pessoas que além de terem sofrido irradiação, contaminaram-se externamente (através da pele) e internamente, através de alimentação contaminada e/ou de absorção intradérmica. As pessoas envolvidas diretamente com o césio receberam doses elevadíssimas de radiação contaminando assim, o meio ambiente e outras pessoas por irradiação. Além disso, houve contaminação do solo, dos animais e das plantas pelo pó de césio espalhado. Os órgãos oficiais calcularam que, neste acidente, 244 pessoas foram contaminadas e 4 outras morreram.

Goiânia se viu discriminada. Eventos foram cancelados, o comércio boicotado havendo reflexos negativos sobre a economia e o turismo.

O acidente de Goiânia colocou em discussão a segurança na área nuclear. Mostrou o despreparo da estrutura dos órgãos oficiais em dar soluções coerentes e seguras para pequenos

50. Frederico F. de Souza CRUZ, Radioatividade e o acidente de Goiânia, Cad. Cat. Ens. Fis., 4 (3): 167-168.

problemas envolvendo a tecnologia nuclear. Fica a pergunta: Se no Brasil ocorrer um acidente de grandes proporções estarão os órgãos oficiais preparados para adotarem as medidas corretas?

3. METODOLOGIA E FASES DA PESQUISA

Para descobrir qual o nível de informação científica que os alunos do 3o. ano do 2o. grau possuíam - quanto a questões nucleares -, optou-se por uma metodologia qualitativa, utilizando como instrumento de coleta de dados a técnica de entrevista. Posteriormente, apesar de se usar a entrevista (técnica mais usada nas pesquisas qualitativas) e pequena amostra, na análise dos dados usou-se também, um método quantitativo, isto é, quantificou-se alguns dados para possibilitar uma melhor compreensão dos resultados obtidos.

No tipo de pesquisa realizada poderia ser utilizada duas técnicas muito comuns na metodologia da pesquisa educacional: o questionário e a entrevista. A principal diferença entre estas duas técnicas reside na extensividade do questionário (grande número de pessoas e fechamento das perguntas) e na intensividade da entrevista (pequeno número de pessoas e grande abertura de perguntas). Deste modo, a técnica de entrevista foi escolhida neste trabalho porque além de oferecer maior profundidade que o questionário oferece também maior flexibilidade para a obtenção de informações, e permite ao entrevistador maior oportunidade de observação da pessoa entrevistada e da situação total a que ela responde (1).

No dizer de Marconi (2),

"Tanto os métodos quanto as técnicas devem adequar-se ao problema a ser estudado, às hipóteses levantadas e que se queira confirmar, ao tipo de informantes com que se vai entrar em contato".

1. Claire SELTZ, Métodos de pesquisa nas relações sociais, p. 272.

2. Marina MARCONI & Eva M. LAKATOS, Técnicas de Pesquisa, p. 287.

Como já foi dito na introdução, alguns objetivos do trabalho envolvem a investigação das percepções, concepções e opiniões dos alunos sobre a tecnologia nuclear e suas implicações. Assim, a flexibilidade permitida pela técnica da entrevista, fez dela, o melhor instrumento a ser utilizado neste trabalho.

3.1. A Entrevista como Técnica de Pesquisa

A técnica de entrevista se faz necessária em qualquer interação que requeira um contato mais estreito entre as pessoas para conhecer suas opiniões e percepções sobre alguma realidade vivenciada ou conhecida. Com essa técnica pode-se obter informações relevantes para a pesquisa.

Em qualquer uma das suas modalidades a entrevista pressupõe a existência de no mínimo duas pessoas e a possibilidade de uma interação verbal entre elas. Contudo, deve-se levar em conta que a entrevista não é uma simples conversa entre duas pessoas, mas uma conversa orientada, tendo um objetivo em vista que é o de coletar dados. Tenha-se em mente que o coletar dados, neste caso, é obtido através de um interrogatório direto entre o entrevistado e o entrevistador, que na maioria das vezes é o próprio pesquisador, para a realização da sua pesquisa.

O uso mais importante da entrevista é na obtenção de informações. A entrevista é utilizada como técnica para obter informações quando se deseja conhecer das pessoas suas atitudes, preferências ou opiniões sobre um assunto específico. Além deste objetivo, a entrevista pode ser usada para procurar instruir o entrevistado e, finalmente, procurar influenciá-lo ou motivá-lo.

Para cada um desses objetivos há um tipo de entrevista adequada. A entrevista pode ser classificada, de acordo

com seus objetivos, em entrevistas de levantamento, diagnóstico, terapia e aconselhamento. Dos quatro tipos de entrevistas citados, o que tem maior aplicação no campo das pesquisas educacionais é a entrevista de levantamento, se bem que, em alguns casos, seja necessário a aplicação dos outros tipos.

As entrevistas podem ser classificadas, ainda, em dois grupos: padronizadas e assistemáticas. Nas entrevistas padronizadas ou estruturadas, as perguntas são apresentadas de maneira minuciosa, isto é, com as mesmas palavras e na mesma seqüência utilizando, para isto, um formulário previamente elaborado e rigorosamente normalizado a fim de garantir que todos os entrevistados respondam a mesma pergunta. As entrevistas padronizadas são constituídas por perguntas do tipo abertas e fechadas. As perguntas fechadas ou com alternativas fixas são aquelas em que as respostas do entrevistado se limitam às alternativas apresentadas. Já nas perguntas abertas o entrevistado pode responder livremente as perguntas formuladas. Apesar delas terem uma ordem pré-estabelecida, o entrevistador tem toda a liberdade para repetir a pergunta de outro modo, bem como fazer interrogações não diretivas quando a resposta do entrevistado não for adequada ao objetivo daquela pergunta.

Cada tipo de pergunta (fechada ou aberta) tem vantagens e limitações. As perguntas abertas apesar de serem de difícil análise, dispendiosas, exigindo criação de categorias para a codificação de respostas e um treinamento bem maior para a realização dessa codificação,

"dão indicação muito melhor do fato de a pessoa ter ou não qualquer informação sobre o problema, ter ou não uma opinião claramente formulada a respeito, bem como sobre a intensidade de seu sentimento a respeito" (3).

3. Claire SELLTIZ, Métodos de pesquisa nas relações sociais, p. 291.

Desta forma, as perguntas abertas são vantajosas quando o pesquisador está interessado na percepção e/ou nas motivações que o entrevistado possui em relação ao problema proposto.

Contrariamente às entrevistas padronizadas, nas entrevistas assistemáticas ou não-estruturadas as perguntas não são pré-estabelecidas e com isto as respostas do entrevistado são mais espontâneas. Por serem mais flexíveis que as entrevistas padronizadas, as entrevistas não-estruturadas são usadas, geralmente, para um estudo mais profundo das percepções, motivações e atitudes do entrevistado. Sua principal limitação reside na sua própria flexibilidade pois torna a análise mais difícil e demorada do que na outra forma de entrevista. Além disto, esta flexibilidade traz como consequência a impossibilidade de comparação entre as entrevistas realizadas.

Como a entrevista é a técnica de pesquisa social onde a coleta de dados é feita entre pessoas por meio de uma interação verbal direta, essa interação é a origem das suas vantagens e limitações (4), (5).

As principais vantagens da técnica de entrevista são:

- a) permite maior profundidade que outras técnicas de coleta de dados devido a sua maior flexibilidade na obtenção de informações;
- b) permite que o entrevistador esclareça as questões não entendidas pelo entrevistado obtendo

4. Ezequiel ANDER-EGG, Introducción a las técnicas de investigación social, p. 118-120.

5. J. Francis RUMMEL, Procedimentos de pesquisa em educação, p. 99-100.

assim respostas relevantes para a pesquisa;

- c) atinge uma amostra muito melhor da população geral não exigindo que as pessoas tenham muita educação formal;
- d) permite ao entrevistador avaliar melhor a validade das respostas não só observando "o que" o entrevistado diz mas, também, "como" ele diz através do seu comportamento não-verbal;
- e) é mais adequada para a revelação de informação sobre assuntos complexos e confidenciais.

Entre as limitações, da técnica de entrevista, pode-se destacar:

- a) requer muito tempo e maior disposição do pesquisador;
- b) perigo de falsas interpretações das respostas pelo pesquisador;
- c) requer um alto nível de habilidade que geralmente não possuem os entrevistadores inexperientes;
- d) dificuldade na transferência da forma qualitativa para a forma quantitativa das respostas;
- e) depende da disposição do entrevistado para dar informações precisas e confiáveis.

Deve-se ter em mente que a entrevista não pode ser utilizada como um instrumento neutro, mas como um meio de se ob-

ter informações cujas vantagens e limitações devem ser controladas.

3.2. Fases da Pesquisa

3.2.1. 1a. Fase: Planejamento e Elaboração

Quando se pretende coletar informações de pessoas utilizando entrevistas é necessário que se faça um planejamento tendo em vista as personalidades do pesquisador e dos entrevistados e não apenas os dados requeridos. O pesquisador deve determinar quais as pessoas que possuem a informação que será relevante para a sua pesquisa, se elas têm ou não familiaridade com o assunto e se elas estão dispostas a relatar essas informações. Além disso, é importante que o pesquisador determine quantas pessoas deverá entrevistar para obter informações suficientes para a sua pesquisa e se essas pessoas representam o grupo que está sendo estudado. Assim, nesta primeira fase foi feito um planejamento e a elaboração de um roteiro de entrevistas, para a coleta de informações concernentes aos conceitos nucleares básicos que alunos no 3o. ano do 2o. grau possuem (6).

Essas entrevistas foram realizadas com alunos do 3o. ano do 2o. grau porque os focos de interesse principais da entrevista estavam concentrados nos acidentes ocorridos em Tchernobyl e em Goiânia. Esses acidentes ocorreram em 1986 e 1987, respectivamente, portanto era o momento apropriado de saber qual o nível de informação científica que esses alunos possuíam, já que na época desses acidentes deveriam estar cursando o 1o. e o 2o. ano do 2o. grau, respectivamente, tendo com isso,

6. Cf. p. 169-173.

condições de ter recebido alguma informação científica sobre os acidentes acima citados.

O roteiro de entrevistas elaborado foi dividido em 6 focos de interesse, constando cada um de questões do tipo abertas, no intuito de possibilitar ao aluno discorrer livremente sobre o tema proposto com base nas informações que ele detém.

Os focos de interesse do roteiro foram: 1o.) acidente em Goiânia; 2o.) acidente em Tchernobyl; 3o.) usinas para a geração de energia elétrica; 4o.) artefatos bélicos; 5o.) aplicações pacíficas da tecnologia nuclear; e, 6o.) O Brasil e a tecnologia nuclear.

3.2.2. 2a. Fase: Aplicação de um Teste-Piloto

Após a estruturação das perguntas do roteiro foi realizado um teste-piloto com 5 (cinco) alunos do 2o. grau com as mesmas características da amostra a ser trabalhada posteriormente. Este teste-piloto foi importante para revisar e testar o roteiro. Ele permitiu: adequar corretamente os termos técnicos usados nas perguntas; dimensionar o número de perguntas; ordenar da melhor maneira as perguntas, evitando a influência de uma pergunta sobre a outra e estabelecer a melhor forma de introduzi-las.

Com o roteiro aprimorado passou-se para o levantamento dos dados propriamente dito.

condições de ter recebido alguma informação científica sobre os acidentes acima citados.

O roteiro de entrevistas elaborado foi dividido em 6 focos de interesse, constando cada um de questões do tipo abertas, no intuito de possibilitar ao aluno discorrer livremente sobre o tema proposto com base nas informações que ele detém.

Os focos de interesse do roteiro foram: 1o.) acidente em Goiânia; 2o.) acidente em Tchernobyl; 3o.) usinas para a geração de energia elétrica; 4o.) artefatos bélicos; 5o.) aplicações pacíficas da tecnologia nuclear; e, 6o.) O Brasil e a tecnologia nuclear.

3.2.2. 2a. Fase: Aplicação de um Teste-Piloto

Após a estruturação das perguntas do roteiro foi realizado um teste-piloto com 5 (cinco) alunos do 2o. grau com as mesmas características da amostra a ser trabalhada posteriormente. Este teste-piloto foi importante para revisar e testar o roteiro. Ele permitiu: adequar corretamente os termos técnicos usados nas perguntas; dimensionar o número de perguntas; ordenar da melhor maneira as perguntas, evitando a influência de uma pergunta sobre a outra e estabelecer a melhor forma de introduzi-las.

Com o roteiro aprimorado passou-se para o levantamento dos dados propriamente dito.

3.2.3. 3a. Fase: Aplicação do Roteiro de Entrevistas

i) Amostragem

Para a finalidade da pesquisa, os alunos escolhidos para serem entrevistados foram alunos do 3o. ano do 2o. grau. Para isto, foram escolhidas as unidades de Ensino de 2o. grau da 1a. UCRE (Unidade de Coordenação Regional), no estado de Santa Catarina, congregando 13 municípios, dentre os quais o de Florianópolis (7). Como esta cidade está situada numa ilha e se prolonga até o continente por uma faixa denominada Estreito, por facilidade de locomoção a autora deste trabalho escolheu as escolas situadas na ilha. Todavia, isto não invalida a amostragem escolhida nas escolas desta cidade. Isto porque os conteúdos programáticos destas escolas são basicamente os mesmos encontrados nas escolas das outras cidades brasileiras. Assim, esta amostragem pode ser considerada representativa do Brasil.

Na época dessa pesquisa na cidade de Florianópolis existiam 27 escolas com o curso de 2o. grau. Destas, 12 escolas ofereciam o curso de 2o. grau sem habilitação específica. Esta condição, é justamente aquela de interesse para o trabalho desenvolvido, pois supõem-se serem estes cursos os que melhor preparam os alunos nas disciplinas científicas. Das 12 escolas foram escolhidas apenas 6 pois uma delas não tinha a turma de 3o. ano, 2 delas não tinham o 2o. grau funcionando naquele ano, outras 2 tinham o 2o. grau funcionando em estabelecimentos particulares e uma outra era de difícil acesso sendo portanto descartada. Os 2 estabelecimentos particulares foram descartados pois as escolas oficiais são mais acessíveis a este tipo de pes-

7. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. Cadastro das Unidades Escolares: 1a. UCRE, Florianópolis, pp. 79-86.

quisa do que as escolas particulares. Das 6 escolas escolhidas 5 são da rede estadual e 1 da rede federal.

Estas escolas estão listadas abaixo juntamente com o número de alunos selecionados em cada uma delas:

Colégio de Aplicação da UFSC	- 06 alunos
C.E. Getúlio Vargas	- 06 alunos
C.E. Padre Anchieta	- 05 alunos
C.E. Prof. Henrique Stodieck	- 04 alunos
C.E. Simão José Hess	- 07 alunos
Instituto Estadual de Educação	- 06 alunos

Total - 34 alunos

Estes 34 alunos foram selecionados, pelas orientadoras educacionais do 2o. grau de cada uma das escolas, com base em seus desempenhos escolares e participação efetiva em sala de aula. Foi solicitado a escolha de alunos de níveis diferentes (médios, acima da média e abaixo da média). Esta amostra pode parecer pequena mas como diz Richardson (8),

"Cada entrevista em profundidade proporciona um riquíssimo material de análise. O pesquisador, portanto, deve estar preparado para usar um tempo considerável fazendo esta análise. Assim, recomenda-se que, para uma pesquisa que utiliza entrevista em profundidade, não se entrevistem mais de 40 pessoas".

8. Roberto Jarry RICHARDSON, Pesquisa social: métodos e técnicas, p. 171.

ii) Registro das Entrevistas

Nas entrevistas realizadas, para registrar as respostas dos alunos, contou-se com o auxílio de um gravador pedindo-se antecipadamente, o consentimento do entrevistado, e explicando a importância da gravação das informações.

O uso do gravador na entrevista é conveniente e barato. Apesar da transcrição de fitas ser um trabalho tedioso e exaustivo, isto não diminui as vantagens desse tipo de registro, tais como (9):

- a) elimina a necessidade de escrever no transcurso da entrevista evitando assim, um fator que pode levar a distração, tanto o entrevistador quanto o entrevistado;
- b) as fitas podem ser reproduzidas várias vezes permitindo o estudo de cada entrevista e uma análise preliminar dos resultados alcançados, assim como, complementar e objetivar a análise posteriormente;
- c) na gravação com fita conserva-se o tom de voz e o impacto emocional da resposta do entrevistado.

Logo após a realização de cada 3 (três) entrevistas, estas eram transcritas, conforme os focos de interesse do roteiro e essa transcrição era de partes das respostas dos alu-

9. Carter GOOD, Essentials of educational research: methodology and design, p. 252-254.

nos. Partes estas que tinham a ver com os objetivos e hipóteses da pesquisa. Após a transcrição de todas as entrevistas foi feita a análise dos dados coletados.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentados a análise e discussão dos dados - sobre algumas questões nucleares básicas - extraídos das entrevistas realizadas com os alunos do 3o. ano do 2o. grau.

Antes de entrar propriamente nesta análise e discussão faz-ser-á necessário uma explicação do processo de análise e da forma de apresentação dos dados.

Inicialmente, após a transcrição das entrevistas, de cada resposta dada pelos alunos extraiu-se a parte de interesse relativa ao estudo. Isto foi feito, porque em entrevistas constando de perguntas do tipo aberta tem-se respostas com significados amplos fugindo muitas vezes à especificidade do assunto. Estas respostas foram organizadas de forma a responderem as hipóteses de trabalho formuladas. Depois disto, passou-se para a classificação das respostas baseando-se nos 6 focos de interesse do roteiro de entrevistas. O tipo de respostas para as perguntas de cada foco do roteiro forneceu as categorias. Estas categorias foram otimizadas, isto é, as respostas semelhantes foram agrupadas entre si para facilitar a tabulação dos dados e sua posterior quantificação permitindo assim, uma melhor visualização e compreensão dos mesmos. Após esta tabulação passou-se para a análise onde buscou-se as relações existentes entre os dados colhidos e as hipóteses de trabalho formuladas.

Para esta análise, os dados são apresentados numerando-se as perguntas do roteiro de entrevistas, em cada foco de interesse. O primeiro número representa o foco de interesse enquanto os demais representam a numeração da pergunta. Além disso, em cada pergunta apresenta-se uma tabela e um pequeno comentário a seu respeito. Exceção a regra, dependendo do conteúdo

da pergunta tem-se comentários para uma ou várias perguntas agrupadas.

As tabelas são formadas por duas colunas. A primeira, à esquerda, representa o tipo de resposta fornecida pelo entrevistado, enquanto a segunda, à direita, representa o número de entrevistados. Às vezes, devido a pergunta formulada alguns entrevistados fornecem mais de uma resposta para a pergunta. Quando isto ocorre, a coluna a direita passa a representar não mais o número de entrevistados mas sim o número de respostas obtidas. Em outras palavras, a soma dos números de respostas obtidas não representa o número real de entrevistados relacionados à pergunta.

Quando necessário, para tornar mais clara a própria tabulação, respostas típicas dos alunos são acrescentadas aos comentários em forma de citações. Ao final de cada citação é usada uma nomenclatura para personificá-la. A nomenclatura adotada foi da forma (i, ii, iii, iv), onde:

- i = iniciais do nome e sobrenome do entrevistado;
- ii = sexo do entrevistado;
- iii = idade do entrevistado;
- iv = escola do entrevistado.

Quanto as escolas, a nomenclatura adotada foi:

- CA - Colégio de Aplicação;
- CEGV - Colégio Estadual Getúlio Vargas;
- CEHS - Colégio Estadual Henrique Stodiek;
- CEPA - Colégio Estadual Padre Anchieta;
- CESJH - Colégio Estadual Simão José Hess;
- IEE - Instituto Estadual de Educação.

Nos 6 itens seguintes são apresentados os 6 focos do roteiro de entrevistas, com suas perguntas e respectivas respostas categorizadas. No último item apresenta-se um sumário dos resultados e comentários finais do trabalho.

4.1. 1o. Foco: Acidente em Goiânia

P.1.1. Há um ano atrás aconteceu, em Goiânia, um acidente de grandes proporções. Você ouviu falar alguma coisa sobre este acidente?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	33
não	01

Comentários

Dos 34 alunos entrevistados, 33 ouviram falar do acidente ocorrido em Goiânia, em setembro de 1987. Essa alta incidência de respostas afirmativas era esperada pois este acidente foi muito veiculado pela imprensa.

Dos 33 entrevistados, 4 não se lembraram, de imediato, dele ter ocorrido. Foram necessários pequenos lembretes para isto. Os mesmos lembretes também foram apresentados ao aluno que disse não ter ouvido falar do acidente. Devido a resposta negativa deste aluno, as próximas perguntas, deste foco, foram feitas apenas para os 33 entrevistados que afirmaram ter ouvido falar do acidente ocorrido em Goiânia.

P.1.2. Como você ficou sabendo desse acidente?

Fonte citada	número de respostas obtidas
Televisão	32
Jornais	19
Revista	16
Rádio	08
Comentários entre colegas	05
Comentários de pessoas	02
Comentários na família	02

Comentários

32 entrevistados citaram de imediato a televisão. 19 entrevistados não tiveram dificuldades em citar outras fontes, enquanto o restante teve de ser incentivado para isto.

Para a televisão esperava-se essa alta taxa de incidência de respostas porque ela é, dentre os meios de comunicação de massa, o mais popular e o mais utilizado. Haja visto, algumas respostas típicas dadas pelos entrevistados:

"Pela... televisão. Eu ví uma entrevista na Veja, mas foi depois da televisão" (ES, M, 19 CEPA).

"Ah! Através da televisão, né? Foi... O primeiro meio de comunicação que domina mesmo. Aí a televisão começou a anunciar isso aí. Aí partiu pros jornais. Ví comentários e, revistas. Revistas é que falaram prá caramba" (RMS, F, 18, CESJH).

"É porque, meu pai vê muito jornal, né? Que ele gosta. Então, às vezes eu passava em frente da televisão e... falava alguma coisa sobre... esse assunto" (KSGR, F, 19, IEE).

Dos entrevistados apenas um não citou nenhum meio de comunicação. O entrevistado obteve conhecimento do acidente pelas discussões com os colegas:

"Eu vi falar, eu não li jornal, eu não escuto televisão, entende? (...) Porque eu ouvi através dos meus colegas, dos meus amigos (...) Porque eu quase... eu não sou de assistir televisão, muito menos jornal" (MLS, F, 19, CA).

P.1.3. Esse acidente foi discutido em sala de aula?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	20
não	12
não lembra	01

Comentários

Dos 33 entrevistados, 20 disseram ter sido o acidente discutido em sala de aula e destes 5 afirmaram que essa discussão partiu do interesse dos alunos. Sendo que 2 - da mesma escola e turma - relataram que fizeram um trabalho sobre o elemento césio, a radioatividade e suas conseqüências e outros 3 de uma outra escola também fizeram um trabalho na disciplina de Química 6 meses após o acidente. Outrossim, 2 alunos, da mesma escola que os primeiros, disseram que o professor de Física trouxe um texto para debate em sala de aula.

P.1.4. Em que disciplinas?

disciplinas mencionadas	número de respostas obtidas
Física	06
Química	05
Geografia	04
sem disciplina específica	04
Biologia	03
Saúde e Fundamentos	03
História	02
Sociologia	02
Economia e Mercado	01
Português	01

Comentários

Como no acidente de Goiânia houve radiação do céσιο-137, era de se esperar que os professores das disciplinas Química e Física dessem ênfase ao fato, pois essas disciplinas estão mais diretamente ligadas ao assunto. Apesar de 11 alunos, dos 20 entrevistados, terem afirmado que nas disciplinas de Física e Química o acidente foi discutido, é importante ressaltar que esses 11 alunos estão representando apenas 3 escolas das 6 trabalhadas. Além do mais, 5 dos alunos que citaram Física são da mesma escola e também da mesma turma. Então os 6 alunos que citaram Física representam apenas 2 professores, desta disciplina, que discutiram o acidente em sala de aula. Com relação a Química, os 5 alunos que citaram esta disciplina estão divididos da seguinte forma: 2 são da mesma escola e turma e 3 de uma outra escola sendo 2 da mesma turma e o terceiro de turma diferente. Isso significa que os 5 alunos que citaram Química representam 3 professores, desta disciplina, que discutiram o acidente em sala de aula.

Nota-se, do exposto, que na disciplina Química o acidente foi mais discutido do que na Física. Tal fato pode ter ocorrido porque na Química, no seu programa do 2o. ano, existem tópicos relacionados com o assunto radioatividade.

Por outro lado, dos 20 entrevistados 4 deixaram claro não ter professor específico para a discussão do assunto porém existir professores dando abertura para esta discussão. Observe a seguir respostas típicas dadas pelos entrevistados:

"Olha! Em geral a gente nesses assuntos a gente procura mais é... os professores mais ligados a área, né? Só que a gente não fazia mais ou menos uma restrição. A gente observava, assim, os professores que tinham conteúdo do assunto" (VFR, F, 17, IEE).

"Qualquer aula que via que a gente era amigo do professor que via que ele tinha condições de... dar uma folga, sabe? dar uma explicada... deixar a gente discutir também um pouco, a gente... pegava o assunto e colocava em discussão" (MBS, F, 17, CESJH).

P.1.5. Você poderia dizer o que aconteceu nesse acidente?

As respostas a esta pergunta foram divididas em quatro grupos:

Grupos	número de entrevistados
I	1
II	11
III	16
IV	06

Descrição dos Grupos e Respostas Típicas

Grupo I - O entrevistado não forneceu nenhuma explicação sobre o acidente.

Grupo II - O entrevistado conhecia as consequências do acidente com relação a pessoas (mortes/doenças) e com relação à cidade (poluição ambiental/discriminação) mas não forneceu detalhes sobre o ocorrido.

"Foi uma espécie de gás né?... radioativo né?... Fez mal as pessoas, né? Era um troco de exame, né? Exame não, era... (Houve mortes?) Houve. (Por que as pessoas morreram?) Esse gás penetrou nas pessoas, né? E fez muito mal. Fez lesões na pele" (LGS, M, 17, CEGV).

"Foi... o césio, né? O césio 137, se eu não me engano que... Me falha alguma coisa assim sabe? Só que eu sei que causou... muitas pessoas morreram, outras começa-

ram a cair cabelo, todo aquele... aquele consequência da radioatividade e... que eles não... O motivo foi eles não colocarem o lixo, aquele lixo atômico no... no devido local, né? Onde deveria ser colocado é... enterrado com placas de chumbo e... concreto, não foi, devidamente colocado. (Como as pessoas foram enterradas?) Ah! Não me recordo. (Quais foram as consequências desse acidente para a cidade de Goiânia?) Em primeiro lugar acho que foi doloroso, principalmente das famílias que perderam muita gente, ou elementos da própria família e... e também mexeu com toda estrutura econômica, social, política. Principalmente a política que tá ligadíssima nisso e... Sei lá foi um alerta né? Que... sei lá, a política não tá agindo como deveria tão bem. Eu acho, na minha opinião, foi política, rolo de política" (MBS, F, 17, CESJH).

"O, eu sei que... as pessoas morreram, né? Até... enterraram elas em caixões especiais, um monte de chumbo, um monte de coisa de concreto que... é terrível. A radioatividade realmente é terrível porque... corrói o... corpo da pessoa, provoca várias doenças e o pessoal lá também andaram se manifestando bastante, né? Até fizeram propaganda sobre Goiânia, que... O ela acaba com tudo... vegetação, tudo, destrói tudo mesmo. (Por que enterraram as pessoas em caixões com chumbo?) Porque a radioatividade é uma coisa que ela... demora muito assim prá acabar, né? E depois ela também se espalha, ela pode se espalhar, se fosse, dizer assim... caixão simples ela poderia... se espalhar pela terra, não sei, até sair... e ficar pelo ar, assim, então... eles botaram concreto, chumbo, o chumbo aí impede... que a radioatividade saia. Aí foi isso" (FRF, M, 18, CESJH).

Grupo III - Além das consequências mencionadas pelo grupo II, o entrevistado forneceu alguns detalhes limitados sobre o acidente.

"Tô lembrada daquele que comprou, né? E foi tentar... desmembrar o material na oficina. Ah! que depois passou parece um... Li uma reportagem eles fizeram uma montagem, né? Em que o... dono da oficina que tinha comprado, ele levou prá casa, prá mostrar prá esposa, e daí com isso ela ficou com câncer, né? (Teve mortes?) Parece que morreu a menina né? A mulher dele também morreu. (Como as pessoas que morreram foram enterradas?) Eu sei que eles tinham que ser colocados num local aonde aquele... aquele produto químico né? Não pudesse sair com... fazer com concreto, né? Alguma coisa bem resistente prá não sair aquele pó, até mesmo com chumbo. (Quais foram as consequências desse acidente para a cidade de Goiânia?) Foi terrível, né? Tiveram que mudar o lixo atômico, e todos aqueles problemas que aconteceu. O pessoal teve que abandonar suas casas, deixaram tudo abandonado. Acho que prá famílias foram bem terríveis" (MBM, F, 20, CEGV).

"Foi uma... foi uma... uma descoberta das pessoas que descobriram... o objeto num ferro-velho né? Aí eles abriram a... aquele objeto e logo eles entraram em contato com a radiação, do césio. Aí aquilo foi se espalhando, foi... foi horrível, né? Porque... matou inclusive o dono do ferro-velho coitado que manteve contato com o césio, a família dele, a esposa e a filha e... prejudicou também outras pessoas que mantiveram contato com ele. Mais ou menos assim, que eu me lembre" (SMC, F, 19, CEGV).

"A história dele foi que... Era um... um hospital abandonado, se não me engano, né? E de repente uns... assaltantes, ou alguma coisa parecida, foram lá e... tentaram tirar essa... esse produto radioativo que era usado prá... raios-X, né? Creio que seja isso. Isso, não sei de que forma também, começou a ser distribuído, começou a morrer um monte de gente eu acredito que foi displicência, sei lá, das... das pessoas que... das pessoas responsáveis por isso, que sabiam que tinha aquilo ali, e não tomaram providência nenhuma. (Essas mortes foram devido a quê?) A esse elemento radioativo, que... pega a pessoa, que contamina a pessoa, e leva a morte, inclusive tinha que ser... enterradas em caixões de ferro, de chumbo prá não transmitir até mesmo debaixo da terra. (Quais as conseqüências desse acidente de Goiânia para a cidade?) Ela ficou toda contaminada (...). Tudo agora tem certo receio até de ir na própria cidade, um preconceito muito grande, como se lá... tu fosse lá, tu fosse morrer. As pessoas ficaram com medo talvez até com razão, não sei" (RMS, F, 18, CESJH).

Grupo IV - Além das conseqüências mencionadas pelo grupo II, o entrevistado forneceu uma descrição mais elaborada sobre o acidente.

"Oral O que eu... soube assim através de jornais, de revistas... foi que existe um aparelho de... raios-X, né? Numa clínica que já estava prá ser demolida... e eles... tentaram roubar esse mate... o material né? Eu sei que o material que se faz esses aparelhos são, um material caríssimos né? Que poderia ser vendido pro ferro-velho essas coisas assim e ele, o cara ia conseguir uma... uma grana prá ele. Só que no que ele foi roubar ele... descobriu esse... Ele abriu uma cápsula, não entendendo desses aparelhos. Eu só sei que ele abriu o compartimento e encontrou o césio 137. Levou para casa, era um pó... brilhoso, azulado e... passou assim, brincou com a família, com os filhos né? E foi daí que começou a se manifestar... realmente a... radiação. E daí depois a radiação ela se incorpora no corpo e na medida que você vai passear, tu pode passar essa radiação prá outra pessoa (...). Eu não me lembro ao certo como foi... detectado. Eu não sei se... a mãe levou, foi num médico prá ver se táva com algumas feridas que é algum dos sintomas da radiação e daí se constatou que era radiação. Isso ao certo eu

não me lembro (...) (Quais foram as conseqüências desse acidente de Goiânia para a cidade?) Eles interditaram a rua. Os médicos entraram em processo contra eles né? Por negligência, ah!... digamos assim, foi um alerta as pessoas começaram a serem assustadas, começou a haver preconceito às pessoas da rua onde moravam né? E até mesmo com os produtos de Goiânia, que as pessoas começaram a negar, as pessoas de outras regiões começaram a negar os produtos de Goiânia, com medo que tivessem radiação" (VFR, F, 17, IEE).

"Havia uma clínica, eu não me lembro do que era a clínica, mas ela tinha sido... fechada. Então, se não me engano, duas pessoas que trabalhavam... que tinham contato com um dono de um ferro-velho, arrombaram a clínica e pegaram... procuravam materiais, que usavam ferro e encontraram ali dentro a... bomba, não me lembro muito bem o que era o material... o aparelho. Encontraram o aparelho e foram abrindo o aparelho prá... ajudar na... prá ver o que que tinha dentro, e então descobriram lá dentro essa pedra. O elemento césio. Então ficaram... ficaram fascinados ou tiveram interesse por aquela... pela pedra que era porosa, inclusive brilhava, brilhava muito e por isso tiveram... pela ignorância deles mesmo... sei lá, pela falta de idéia deles, eles levaram essa pedra... prá muitas pessoas e então essas pessoas se contaminavam. Quer dizer toda aquela região correspondida... família deles e a família do... dono do ferro-velho ficaram contaminados. Eles foram... sofreram radiação da... da pedra. (Nesse acidente houve mortes?) Que eu me lembre sim, duas pessoas (...) (Quais as conseqüências do acidente de Goiânia para a cidade?) Foi quanto aos produtos que ela exportava pros outros estados. Empresas que estavam instaladas em Goiânia começaram a ser boicotadas" (AGPD, M, 18, CESJH).

"O que eu me lembro? É que o... o material táva num ferro-velho, parece, era uma bomba, parece de césio usada em raios-X eu acho, não sei e o... funcionário do ferro-velho foi tentar abrir, e... partiu a bomba e aquele material ficou com ele. Ele viu que era muito azul, brilhante assim, e levou prá casa, daí foi contaminando todo mundo no ônibus, em casa, ele viu que de noite aquilo brilhava, acho que a filha dele botou aquilo na boca, não sei. Sei que aonde foi passando, foi contaminando, né? Porque o pessoal achava muito... não tinha informação sobre aquilo e achava uma coisa diferente, um azul brilhante, uma coisa fosforescente assim né? (...) (Quais as conseqüências desse acidente prá cidade de Goiânia?) Que eu me lembre, além do perigo, do césio, houve também uma discriminação, tanto pessoal de Goiânia, né? (...) Se alguém chegasse e falasse que era goiano, o pessoal já ficava meio assustado, pô! aquele ali tá contaminado, assim é... Foi um pouco de discriminação" (BBJ, M, 17, CEHS).

Comentários

Dos 33 alunos entrevistados, 6 conseguiram dar uma descrição do acidente de forma mais completa. Mesmo assim eles não sabiam exatamente o que era o aparelho encontrado. 7 alunos dos grupos III e IV disseram tratar-se de um aparelho de raios-X. Uma pessoa do grupo III disse tratar-se de vazamento de uma usina.

No grupo II, 2 alunos mencionaram o césio-137 e 3 disseram tratar-se de um gás que se espalhou.

Na sua maioria os alunos demonstraram um conhecimento maior das conseqüências do acidente do que dos detalhes mais técnicos do mesmo. Isto pode ter acontecido devido à divulgação fornecida pela imprensa que chamou mais atenção para os efeitos do acidente do que para as suas causas.

P.1.6. Na sua opinião, esse acidente poderia ter sido evitado?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	30
não sabe	02
não	01

P.1.7. De que maneira esse acidente poderia ter sido evitado?

tipo de respostas	número de entrevistados
maior cuidado das pessoas que abandonaram	14
maior fiscalização	10
maior cuidado das pessoas que abandonaram/maior fiscalização	04
maior cuidado das pessoas que abriram	02

P.1.8. Houve algum culpado por esse acidente?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	29
não sabe	03
não	01

Quem?

Governo	10
pessoas que abandonaram o aparelho	10
pessoas que abandonaram/pessoas que roubaram	02
pessoas que abandonaram/órgãos fiscalizadores ...	02
Governo/pessoas que abandonaram	01
Governo/órgãos fiscalizadores	01
órgãos fiscalizadores	01
pessoas do ferro-velho	01
pessoas do ferro-velho/órgãos fiscalizadores/ Governo	01

Comentários

Para os 33 entrevistados sobre o acidente de Goiânia, foi feita a pergunta P.1.6, sendo que 30 responderam afirmativamente. Para esses 30 foi feita a pergunta P.1.7. Em seguida, para a pergunta P.1.8, foi pedida novamente a resposta dos 33 entrevistados.

Os entrevistados, na sua maioria, mostraram-se conscientes a respeito do descaso com que a segurança na área nuclear é tratada, levando inclusive a ocorrência do acidente de Goiânia. Eles culparam tanto o Governo, que fiscaliza os aparelhos que usam materiais radioativos quanto as pessoas que deixaram a "bomba" de césio abandonada. Apenas um entrevistado, talvez por não ter idéia do processo, disse que o acidente não poderia ter sido evitado porque fora uma coisa repentina, um escapamento de gás, e devido a este fato, não haver culpado pelo acidente.

"Acho que foi uma coisa repentina não poderia ter sido evitado. Olhal... Prá mim não tem culpado. Aquilo ali aconteceu ocasionalmente mesmo, não tem... pessoa, né? Quem é que ia fazer um negócio desse prá prejudicar, né? a população? Prá mim não teve" (CVP, F, 21, CEPA).

4.2. 2o. Foco: Acidente em Tchernobyl

P.2.1. Há aproximadamente dois anos atrás, ocorreu na Rússia, em Tchernobyl, um acidente. Você ouviu falar sobre este acidente?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	30
não	04

Comentários

Como era esperado, a maioria dos entrevistados ouviu falar do acidente ocorrido em Tchernobyl, em abril de 1986, pois este acidente voltou a ser discutido com maior destaque após o acidente de Goiânia.

Devido 4 alunos terem respondido negativamente a esta pergunta, as próximas perguntas deste foco, foram feitas apenas aos 30 entrevistados que disseram ter ouvido falar do acidente ocorrido em Tchernobyl.

P.2.2. Como você ficou sabendo desse acidente?

fonte citada	número de respostas obtidas
Televisão	28
Jornais	16
Revista	16
Rádio	05
Comentários entre colegas	03
Comentários na família	02

Comentários

Dos 30 entrevistados que ouviram falar do acidente, 28 citam a televisão. Era de se esperar essa alta taxa de incidência de respostas para a televisão porque ela é, dentre os meios de comunicação de massa o de maior poder de penetração.

Algumas respostas típicas são apresentadas abaixo:

"Eu acho que foi pelo mesmo de... de Goiânia também, por televisão. Eu vejo muito jornal às vezes leio revista" (VC, F, 19, CA).

"É, pelos mesmos meios né? Pelos jornais escritos e pela TV" (SV, F, 17, CEHS).

"Também pelo jornal, da TV. É... da TV, porque... deu na TV, no outro dia já deu nos jornais é sempre assim" (BBJ, M, 17, CEHS).

P.2.3. Esse acidente foi discutido em sala de aula?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	11
não	11
não lembra	08

Comentários

O alto índice de alunos não se lembrando do acidente ter sido discutido em sala de aula, pode ter sido pelo fato dele ter ocorrido em 1986, portanto dois anos antes da realização da entrevista.

P.2.4. Em que disciplinas?

disciplinas mencionadas	número de respostas obtidas
EMC	03
Geografia	03
sem disciplina específica	02
Física	01
OSPB	01
Química	01

Comentários

Para estabelecer esta tabela os alunos entrevistados foram aqueles 11 que responderam afirmativamente a pergunta P.2.3. Neste caso porém, há concordância entre o número de entrevistados e o número de respostas, pois cada aluno citou apenas uma disciplina.

Como o acidente de Tchernobyl envolveu liberação de radiação, novamente, como no de Goiânia, era esperado que os professores das disciplinas Química e Física dessem maior ênfase ao fato pois estas disciplinas estão mais diretamente ligadas ao assunto. Contudo, foi nas disciplinas de EMC e Geografia que o acidente foi mais discutido, provavelmente, pelos aspectos políticos e sociais envolvidos.

P.2.5. Você poderia dizer o que aconteceu nesse acidente?

As respostas a esta pergunta foram divididas em quatro grupos:

Grupo	número de entrevistados
I	7
II	15
III	08
IV	04

Descrição dos Grupos e Respostas Típicas:

Grupo I - O entrevistado não forneceu nenhuma explicação sobre o acidente.

Grupo II - O entrevistado conhecia as conseqüências do acidente com relação a pessoas (mortes/doenças) e com relação à contaminação (ambiental/alimentos) mas não forneceu detalhes sobre o ocorrido.

"Alguma coisa parecida com a que aconteceu em Goiânia e também que contaminou até aquela... teve aquela crise do cruzado coisa e tal que eles começaram a importar carne e daí começaram a falar que a carne também táva contaminada e tal. Eu acho que foi também descuido, descuido de... de lixo atômico né? Acho que foi isso, descuido" (MBS, F, 17, CESJH).

"Só sei que teve... Ficaram contaminados alguns produtos, né? Começaram a ser cortados até aqui, de... eles vieram de fora, vieram da Rússia e vieram prá cá e disseram que estavam contaminados. Muitas pessoas comeram produtos contaminados" (RMS, F, 18, CESJH).

"Eu acho que... sei lá, um reator... um reator que sei lá, rachou, vazou, né? E aquela massa né? De urânio derretido, sei lá, sei que foi afundando. Me lembro disso mais ou menos. (E as conseqüências disso?) Ah! Prá Europa toda (...) Encontraram radiação na Noruega, sei lá, lá naqueles países nórdicos encontraram... radiação e... os alimentos, parece que távam exportando alimentos da Noruega prá outros países, que vinham com radiação, até na América do Sul acho que veio, alimento contaminado" (AF, M, 16, CA).

"Acho que não, totalmente. Que houve um problema no rea... em um dos reatores de uma usina nuclear, e que houve um... um grande... número de radioatividade liberada, no ar, que atingiu grandes áreas como... conseguiu alcançar até a Europa" (SV, F, 17, CEHS).

Grupo III - Além das conseqüências mencionadas pelo grupo II, o entrevistado forneceu alguns detalhes limitados sobre o acidente.

"O reator derreteu. Um gás passa vai resfriando e... em vez de resfriar esquentou, começou a derreter. Aonde passa a energia nuclear teve vazamento e explosões. Esse vazamento foi prá um lençol freiático e poluiu os rios... o ar. As pessoas beberam da água e ficaram contaminadas, o gado ficou contaminado, a população de Tchernobyl foi toda contaminada pelo ar. A fumaça devido as explosões saiu juntamente com a radiação, ela ficou mais na Rússia, foi prá fora através da carne importada" (LBZ, M, 18, CEPA).

"Pelo que eu me lembro era... foi aquele... Foi um vazamento, que aconteceu, na usina... da cidade, da região, que então... não me lembro, o que vazou, se foi uma... na usina, determinado elemento, que vazou um determinado... acho que foi um determinado líquido, uma substância da... da usina, faltou... o sistema e não foi avisado... em tempo prá população. Tentou-se encobrir o... o ocorrido, da população, e a imprensa soube desse... desse acontecimento por... se não me engano, quase uma semana depois de ter acontecido. Apesar de que a Holanda por exemplo já tinha detectado... radioatividade no... no próprio ar" (AGPD, M, 18, CESJH).

"A explosão de um reator, né? A explosão... É a explosão de um reator que pegou fogo, aí explodiu, aí causou danos muito grandes a cidade, toda a cidade ficou mobilizada, aquela nuvem de radiação que subiu, afetou vários países da Europa, agricultura tudo... foi perdido tudo, rebanhos de... de gado, de outros animais que comiam, a radiação descia, na grama, eles comiam aquela grama, toda a lavoura, toda a lavoura ficou afetada e muitos países daquela... daquela região, né? Chuvas ácidas, né? Porque as chuvas também, a radiação descia, com as chuvas que caíam porque... levantou-se uma nuvem muito grande, a grande altura, e as correntes de ar levaram prá outros países alí, daquela região, né? E... os danos, foram enormes, é... a usina foi lacrada, inclusive com concreto, toda lacrada. Os mortos não lembro, mas teve bastante naquela região alí, evacuaram, e... milhares de pessoas vão ficar o resto da vida com... com problemas por causa da radiação, excessiva, que receberam" (SMS, M, 20, CEHS).

Grupo IV - Além das conseqüências mencionadas pelo grupo II, o entrevistado forneceu uma descrição mais elaborada sobre o acidente.

"Ah! Alí também depende do lado das versões Soviéticas. Dizem eles, que foi um carinha, que houve uma falha humana, e... quando deu um problema no reator, que o reator começou a super... a ter superaquecimento, o carinha era prá ter ligado o sistema de refrigeração, e não ligou, aí estorou o reator e... conseqüente, pegou fogo, explodiu tudo lá, e espalhou radioatividade, a radioati-

vidade foi levada prá Europa, toda Europa teve, mais a parte européia da União Soviética" (FSBM, M, 17, CA).

"Que eu me lembre? Foi... acho que alguma coisa que teve a ver com... o resfriamento do reator que deu alguma coisa errada e... não conseguiram mais controlar o reator e... parece que ele foi... o reator foi afundando, e tal porque... e também, é foi isso, foi problema de... de resfriamento e tal, reator. (Que conseqüências gerou isso?) Ah! Muitas conseqüências, dentro do próprio país e fora porque, a radiação contaminou todo o pessoal ali, e muitos... dias mais tarde contaminou, todos os países, porque ali, a Europa, é um país, grudado no outro, países pequenos então aquilo... muitos países. E a... União Soviética, né? Só... notificou isso, depois que os outros países começaram a sentir os índices da radiação subindo, quer dizer que as conseqüências foram em quase toda a Europa. Uma irresponsabilidade deles a partir do momento que, teve o acidente deviam ter avisado, né?" (BBJ, M, 17, CEHS).

Comentários

No grupo I foram colocados tanto os 4 alunos que responderam negativamente a esta pergunta, isto é, não ouviram falar do acidente quanto aqueles outros 3 que ouviram falar do acidente mas nada sabiam sobre ele.

Nota-se nas entrevistas uma ênfase sobre as conseqüências do acidente, principalmente quanto a contaminação dos alimentos pela radiação. Isso pode ter ocorrido pelo fato de ter sido o assunto dos alimentos contaminados muito veiculado pela imprensa brasileira, já que esses alimentos chegaram até o Brasil, sofrendo severas críticas dos ecologistas e pacifistas.

P.2.6. Na sua opinião, houve algum culpado por esse acidente?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	20
não sabe	10

Quem?

Governo	09
operadores da usina	05
órgãos fiscalizadores	02
Governo/operadores da usina	02
o próprio homem	01
órgãos fiscalizadores/operadores da usina	01

Comentários

Os entrevistados, na sua maioria, a semelhança do ocorrido com o acidente de Goiânia, culpam o Governo e seus órgãos fiscalizadores como os responsáveis pelo acidente de Tchernobyl. Algumas respostas típicas são apresentadas abaixo:

"Culpado? (...) Na certa o Governo da União Soviética que não cuidou do... não fiscalizou melhor. Talvez a... a usina fosse muito velha também. Era usina de uma qualidade não muito boa, né? Tudo questão de segurança, quer dizer culpado... quem é que cuida dessas questões é o Governo, então, na certa o Governo foi o culpado" (SMS, M, 20, CEHS).

"Acho que o mesmo que... aconteceu em Goiânia, né? Se tem... essas indústrias assim, que tem... tem risco, né? Tem risco de perigo, essas coisas assim. Eu acho que deveria ter um controle muito rígido mesmo. A pessoa deveria ficar em cima do produto, do material seja ele qual for, prá que não aconteça essas coisas" (VC, F, 19, CA).

4.3. 3o. Foco: Usinas para a Geração de Energia Elétrica

P.3.1. Você ouviu falar na hidrelétrica de Itaipú?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	34
não	00

P.3.2. Você pode descrever, de maneira geral, como uma usina hidrelétrica fornece energia elétrica?

Para classificar as respostas a esta pergunta foram considerados quatro níveis, de acordo com uma ordem crescente de compreensão do funcionamento de uma usina hidrelétrica. Apesar de nenhum entrevistado situar-se no nível I, este foi incluído para manter uma equivalência dos níveis com perguntas similares para o caso da usina termelétrica (P.3.4) e nuclear (P.3.7).

Nível	número de entrevistados
I	00
II	26
III	07
IV	01

Descrição dos Níveis e Respostas Típicas:

Nível I - O entrevistado não fornece nenhuma explicação sobre o funcionamento de uma usina hidrelétrica.

Nível II - O entrevistado cita a água como "fonte" de energia, mas não menciona corretamente as transformações de energia, ou os processos através dos quais a energia é transformada.

"Bom! Eu acho que seria assim. Na queda do... do rio, né? No caso, que teria uma... uma enorme quantidade de energia, né? Eles... eles sondariam, também não sei como, essa energia, nessa queda, que... que faz o rio, né? E daí... eu acho que passando por vários processos, que eu também não sei explicar direito, que iria produzir, né? A energia elétrica" (MBS, F, 17, CESJH).

"Através daqueles... daquelas coisas de água. Eles fazem vários tipos de... tipo assim uma... Tipo da de Itaipú, que tem aquelas... Aquele tanto de água, que tem aquelas... Tipo assim uma cachoeira, mas não é uma cachoeira. (Uma represa?) Uma represa. Daí... conforme a... a

força daquilo eu acho que daí vai... prá uns aparelhos que daí, vai gerando assim" (DR5, F, 17, CA).

"Pela força né? (Força do quê?) Assim... ó, tu pode ver que lá... em Foz do Iguaçu tem aquelas... aquelas águas bem fortes. E aquilo deve emitir alguma energia, né? Aquela força" (KSGR, F, 19, IEE).

"Eles constroem aquele reservatório, eles liberam... a água, né? Bastante assim, bastante quantidade, ela roda a turbina, e gera energia" (AF, M, 16, CA).

Nível III - O entrevistado menciona as transformações de energia, ou descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

"Bem! Através da... das forças das águas, no caso, uma hidrelétrica, ela forneceria essa energia através dos movimentos das águas em contato com os seus geradores, que... entrando em rotação, eles produziram uma energia, através de sua velocidade, a medida que se vai aumentando assim, com a força, a pressão exercida dessas águas sobre os geradores, eles produziram uma energia elétrica, uma energia... hidrelétrica que dali, aí sim, passariam a ser uma energia elétrica dos... transformadores" (ROS, M, 17, CESJH).

"É... A água, a água é transformada em energia, através de... Ah! a água faz trabalho mecânico, trabalho mecânico é transformado em energia elétrica, impulsos elétricos. A água através do movimento, faz um trabalho, faz energia mecânica, energia mecânica é transformada em energia elétrica, através de mecanismos que eu não sei" (FSBM, M, 17, CA).

"É a água que passa pela turbina, prá movimentar o... o gerador, que através de um imã, ou dínamo, processo todo, vai... gerar energia elétrica. (A água gira uma turbina?) Gira a turbina, as pás da turbina, um gerador, um transformador, todo aquele processo elétrico, prá geração de eletricidade" (BBJ, M, 17, CEHS).

Nível IV - O entrevistado menciona as transformações de energia e descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

"Bem! É... Tem um reservatório de água. Através da queda d'água, faz a água cair, cai num... numa turbina que é uma roda com pás. Ela gira, e então, tem uma energia cinética, que ela é fornecida pro... pros geradores,

e daí, eles girando, eles criam uma diferença de potencial, tensão eletromagnética que ocorre, e daí, formam... as correntes elétricas, que são mudadas prá corrente alternada por... motivo de economia. Corrente contínua gasta mais" (MJF, M, 17, IEE).

Comentários

Apesar dos 34 entrevistados terem ouvido falar na usina hidrelétrica de Itaipú, e 4 afirmarem que visitaram suas instalações, constata-se que apenas 1 dos entrevistados foi capaz de explicar as transformações de energia e os processos envolvidos no funcionamento de uma usina hidrelétrica.

Os entrevistados no nível II apesar de saberem que uma hidrelétrica funciona fazendo uso da água, não possuíam noção de como a energia podia ser retirada para a geração de energia elétrica. Para eles, a água devia ter "alguma coisa", "algo imaginário" para gerar a energia.

P.3.3. Você ouviu falar na termelétrica de Jorge Lacerda?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	24
não	10

P.3.4. Você pode descrever, de maneira geral, como uma usina termelétrica fornece energia elétrica?

Para classificar as respostas a esta pergunta foram considerados quatro níveis, de acordo com uma ordem crescente de compreensão do funcionamento de uma usina termelétrica. Apesar de nenhum entrevistado situar-se no nível IV, este foi incluído para manter uma equivalência

dos níveis com perguntas similares para o caso da usina hidrelétrica (P.3.2) e nuclear (P.3.7).

Nível	número de entrevistados
I	12
II	14
III	08
IV	00

Descrição dos Níveis e Respostas Típicas:

Nível I - O entrevistado não fornece nenhuma explicação sobre o funcionamento de uma usina termelétrica.

"Eu sei que ela é mais ou menos o mesmo processo que a outra" (SR5, F, 17, CESJH).

"Termo? Termo, quente né? Eu não sei, sinceramente, não sei" (VC, F, 19, CA).

Nível II - O entrevistado cita o carvão (e/ou calor) como "fonte" de energia, mas não menciona corretamente as transformações de energia.

"Eu tenho uma idéia de que talvez seja uma usina que funciona com base no calor, provocado pelo carvão" (AGPD, M, 18, CESJH).

"Termoelétrica quer dizer que... termo tem que ser alguma coisa com calor, eu sei que tem que ver alguma coisa com calor, então eu acredito que ela, essa... energia termoelétrica ela... venha através do carvão, movimento, mistura de carvão (...) Agora também não sei como é que são transformado, esse carvão, essa queima de carvão, em energia elétrica. Como é que são esses processos" (ROS, M, 17, CESJH).

"Seria mais ou menos aproveitar energia térmica prá transformar em energia elétrica, agora o processo eu também já não sei como eles fazem. Não sei se eles... aquecem algum... tem algum... reator, algum aparelho, que aquece e desse aquecimento eles vão gerar, porque daí as moléculas vão entrar mais em choque, e desses choques eles vão gerar eletricidade" (VFR, F, 17, IEE).

Nível III - O entrevistado menciona as transformações de energia, ou descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

"Aí seria mais com o... carvão, né? Eu tenho assim, na minha idéia, que deve ser carvão. Eles põem carvão na fornalha, onde vai ocorrer um aquecimento, vai ter um aquecimento muito... muito alto, né? Onde vai gerar uma certa energia, pro gerador, o qual vai passar prá's cidades assim também, a iluminação" (FRF, M, 18, CESJH).

"Ah! Eu acho que é assim. Eles põem o carvão no forno, na caldeira, né? Então a água da caldeira ferve, aí o vapor, a força do vapor, né? Move a turbina. Vai gerar energia. Acho que é isso" (AF, M, 16, CA).

"Não tô muito bem informado, mas... seria o aquecimento, seria o mesmo... tipo de uma... mais ou menos de uma usina atômica, que acontece. Que... seria o carvão, com energia atômica, prá fornecer o aquecimento, prá que houvesse evaporação de água, e também ocorreria esse mesmo sistema. O gás, ele moveria as turbinas prá... pros geradores. Sempre teria que ter um... um tipo de... uma coisa, um meio que fornecesse energia cinética, prá haver essa movimentação, prá poder haver diferença de potencial, prá... geração de energia" (MJF, M, 17, IEE).

Nível IV - O entrevistado menciona as transformações de energia e descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

Comentários

Embora o Estado de Santa Catarina tenha a maior produção brasileira de carvão e possua usinas termelétricas em operação, nenhum dos entrevistados foi capaz de explicar as transformações de energia e os processos envolvidos no funcionamento de uma usina termelétrica.

P.3.5. Na sua opinião para que serve uma usina nuclear?

tipo de respostas	número de entrevistados
Para atividades bélicas	15
Para geração de energia elétrica	09
Para atividades bélicas e geração de energia elétrica	07
não sabe	03

Comentários

Os entrevistados que associam uma usina nuclear a atividades bélicas dizem que ela serve para fabricar bombas, produção de armas nucleares, para a guerra ou para a destruição.

O maior número de entrevistados associando às usinas nucleares a um poder destrutivo pode estar relacionado a fatores tais como: as explosões ocorridas no reator de Tchernobyl, na Rússia, ou ao material usado como combustível, nas usinas nucleares; pois esse material serve também para a fabricação de armamentos nucleares.

P.3.6. Uma usina nuclear pode produzir energia elétrica?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	22
não	08
não sabe	04

P.3.7. De que maneira, uma usina nuclear, pode produzir energia elétrica?

Para classificar as respostas a esta pergunta foram considerados quatro níveis, de acordo com uma ordem

crescente de compreensão do funcionamento de uma usina nuclear.

Nível	número de entrevistados
I	20
II	10
III	04
IV	00

Descrição dos Níveis e Respostas Típicas:

Nível I - O entrevistado não fornece nenhuma explicação sobre o funcionamento de uma usina nuclear.

"Não sei como é que funciona" (ANS, M, 17, IEE).

"Bom! Eu não sei te explicar" (VC, F, 19, CA).

Nível II - O entrevistado cita o átomo (e/ou núcleo), ou urânio como "fonte" de energia, mas não menciona corretamente as transformações de energia.

"Não sei, acho que... a força do átomo, partindo o átomo, da explosão do átomo, acho que geraria, não sei" (AF, M, 16, CA).

"Não sei, sei que eles usam o... átomo, o núcleo do átomo, agora como exatamente que eles fazem eu não... não sei" (SM, F, 17, IEE).

"Por causa do... urânio, urânio... através de... radiação, um negócio assim também aí lá pelos processos deles fazem... transformam em energia" (FSBM, M, 17, CA).

Nível III - O entrevistado menciona as transformações de energia, ou descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

"Bom! O processo tem um reator, né? O reator todo protegido. Dentro da sua couraça. Geralmente ele é mergulhado em... na piscina, né? Essa água é aquecida... e geralmente usam dois sistemas. Essa água... dentro do re-

ator é sob pressão, chamam de água pesada e tudo, e ela transfere calor prum segundo sistema, leva a água que evapora, evaporou move a turbina, que gera a energia elétrica" (RRM, M, 18, CA).

"A energia nuclear... controlada, eles fazem um tipo de uma reação, uma fissão, eles não chegam a... haver explosão, os átomos raspando, então aquilo... vem gerando uma energia muito grande, que vai aquecer a água, que vai fazer o vapor, que vai movimentar as pás, que vai gerar energia elétrica" (BBJ, M, 17, CEHS).

"É como já expliquei. Que é o aquecimento do... Ela aquece a água... basicamente como na outra, se bem que a fonte de calor, seria o calor do... do urânio enriquecido, combustível nuclear" (MJF, M, 17, IEE).

Nível IV - O entrevistado menciona as transformações de energia e descreve os processos através dos quais a energia é transformada.

Comentários

No nível I da tabela da pergunta P.3.7, na página 121, os 20 entrevistados estão agrupados de forma que: 8 entrevistados afirmaram que uma usina nuclear pode produzir energia elétrica mas não souberam explicar o seu funcionamento; 8 entrevistados falaram que uma usina nuclear não pode produzir energia elétrica e 4 entrevistados não sabiam se uma usina nuclear poderia ou não produzir energia elétrica.

Para os 16 entrevistados que afirmaram na pergunta P.3.5 ser uma usina nuclear capaz de produzir energia elétrica, não foi feita a pergunta P.3.6, pois haveria redundância. Assim nas respostas afirmativas da pergunta P.3.6 foram adicionadas as respostas dos 16 entrevistados da pergunta P.3.5.

Constata-se na pergunta P.3.7, pelo número de entrevistados nos níveis III e IV, um desconhecimento dos

processos envolvidos na transformação da energia nuclear em energia elétrica.

Analisando as respostas dos entrevistados, nota-se que apenas 7 dos 22 que responderam afirmativamente a pergunta P.3.6 referem-se ao urânio como o combustível utilizado por uma usina nuclear para a geração de energia elétrica.

P.3.8. Que países no mundo utilizam energia nuclear?

País mencionado	número de respostas obtidas
Estados Unidos	30
União Soviética/Rússia	24
Alemanha	06
Brasil	06
Inglaterra	06
Argentina	05
França	05
Japão	05
Canadá	04
Suécia	04
Israel	03
Itália	02
Bagdá	01
China	01
Índia	01

Comentários

Percebe-se pelas entrevistas, que os alunos associam as usinas nucleares ao desenvolvimento econômico de um país. Pode-se notar isso, pela tabela, onde as duas superpotências mundiais, Estados Unidos e União Soviética foram de 5 a 4 vezes, respectivamente, mais citadas que os países restantes na tabela. Contudo, países em desenvolvimento como o Paquistão, a África do Sul e Formosa não são lembrados, ou como a Índia apenas lembrada por um aluno. Por outro lado, países em conflitos militares, como Israel e Iraque (Bagdá), que não possuem usinas nu-

cleares, são lembrados (1). É bem verdade, que o Iraque tinha uma usina nuclear que foi destruída por Israel e talvez, seja a esta usina, que o aluno entrevistado tenha se referido.

P.3.9. O Brasil tem alguma usina nuclear?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	26
não	08

P.3.10. Quantas? Aonde estão localizadas?

As perguntas P.3.10 e P.3.11 foram feitas apenas aos 26 alunos entrevistados que afirmaram que o Brasil tem usinas nucleares.

Número de usinas	número de entrevistados
Uma	11
Duas	06
Três	05
Quatro	01
Não sabe	03

Localização das usinas	número de entrevistados
Angra dos Reis/RJ	09
Angra dos Reis	09
Rio de Janeiro	03
Norte	01
Goiânia	01
Não sabe	03

1. Carlo RUBBIA, O dilema nuclear, p. 67.

P.3.11. Estas usinas estão construídas?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	20
não	03
em parte	03

P.3.12. Estas usinas estão funcionando?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	06
não	06
em parte	05
não sabe	03

Comentários

Para estabelecer a tabela P.3.12 os alunos entrevistados foram aqueles 20, da pergunta P.3.11, que afirmaram estar as usinas brasileiras totalmente construídas.

Os alunos entrevistados, na sua maioria, mostraram, pelas perguntas P.3.9 à P.3.12, ter conhecimento quanto a alguns aspectos do programa nuclear brasileiro. Esses alunos souberam o número de usinas existentes no país, a sua localização assim como o número de usinas já construídas (2). Mostraram ainda estar atentos aos acontecimentos, nessa área, quando afirmaram que a única usina construída não estava em funcionamento na época da realização da entrevista (2o. semestre de 1988).

2. O programa nuclear brasileiro: Um balanço, Ciência Hoje, 5 (26) : 82.

P.3.13. Você acha que o Brasil precisa ter usinas nucleares? Por quê?

tipo de respostas	número de entrevistados
não	23
talvez	06
sim	04
não sabe	01

As razões para as respostas negativas foram:

Razões mencionadas	número de respostas obtidas
Existência de muitos rios	11
Existência de outras prioridades	07
Evitar fabricação de bombas	04
Existência de outras usinas	03
Falta de capacidade	03
Evitar a competição entre países	02
Não há necessidade	02
Os riscos oferecidos	02

Algumas respostas típicas são apresentadas abaixo:

"Porque... a hidrografia do Brasil é... a melhor do mundo, não precisa de maneira nenhuma usina nuclear. É só saber usar os rios desse país. Que não é nem um pouco aproveitado, só prá poluir, só prá virar esgoto" (AJR, M, 19, CESJH).

"Eu acho o Brasil um país tão... que... ele tem tantos recursos naturais, ele tem tantas... O Brasil não é um país... Ele é um país subdesenvolvido, teoricamente considerado em vias de desenvolvimento, eu acho que ele não... não teria condições prá... construir uma usina nuclear" (RTC, M, 16, IEE).

"Sendo o... Brasil assim... um país que tem... tanta hidrografia, né? Que tem tantos rios... Acho que não deveria ir pro lado da... energia nuclear. Tem tantos problemas prá resolver no caso, né? Menores abandonados... Acidentes nas estradas... Acho que esse dinheiro primeiro eles deveriam ser aplicados primeiro na... nas coisas mais necessárias. Deixar esse negócio de... energia nuclear mais pro futuro quando... realmente houvesse condições" (MAB, F, 18, CEGV).

"Porque... porque se na minha opinião é prá construir bomba e foguete, acho que o Brasil não precisa disso" (MLS, F, 19, CA).

As razões para as respostas favoráveis foram:

Razões mencionadas	número de respostas obtidas
Mais progresso/prosperidade	03
Geração de mais energia	01
Distância dos rios	01
Igualdade com outros países	01

Algumas respostas típicas são apresentadas abaixo:

"Em termos de progresso... de prosperidade, acho que sim" (MDGS, F, 18, CEGV).

"As usinas nucleares elas... elas poderiam ser usadas como uma alternativa, por exemplo, a gente passou... tá passando, né? pela era do petróleo, tá com problemas de combustível, tá procurando uma fonte de energia nova, tá aí tentando utilizar a energia solar, agora... a gente poderia usar como uma... uma nova tentativa, uma alternativa, prá conseguir mais... energia" (SV, F 17, CEHS).

As razões para as respostas condicionais foram:

Favoráveis:

Mais economia	02
Geração de mais energia	02
Mais aperfeiçoamento tecnológico	02

Desfavoráveis:

O Brasil tem outras usinas	02
Endividaria mais o país	02
Há outras prioridades	01
Não há necessidade	01

"De repente até precisaria... usar que é um avanço tecnológico, o Brasil precisa evoluir, né? Seria uma maneira de evolução, agora, eu acho que ele poderia não ir com tanta sede ao pote, e não... Ir mais calmamente e ver, pesando os prós, os contras, que poderia ser feito. Mais estudado." (MLS, F, 19, CA).

"Pode ser que sim, pode ser que não, né? Depende que aspecto que... que ele vai usar energia. Por uma parte o Brasil acho que tá muito endividado prá... prá querer se meter em usinas, né? Por outra parte acho que seria bom porque... gera energia, né?" (ES, M, 19, CEPA).

Comentários

A maioria dos entrevistados achou desnecessário, para o Brasil, a construção de usinas nucleares. Isso porque, essas usinas, necessitam de muitos recursos para a sua construção e o país não estaria em condições de arcar com tantos gastos, tendo prioridades maiores, com que se preocupar, como educação e saúde para o povo. Além disso, alegaram que o potencial hídrico brasileiro é muito grande para surgir essa preocupação de construção de usinas nucleares para a geração de energia elétrica.

Os entrevistados que deram respostas condicionais à pergunta, alegaram os mesmos motivos dos entrevistados anteriores, contudo, como afirmaram que seu conhecimento era pequeno na área, disseram que se elas fossem mais econômicas que as hidrelétricas e termelétricas seria viável a sua construção. Eles ainda acharam que as usinas nucleares poderiam trazer algum aperfeiçoamento tecnológico para o país ao mesmo tempo que proporcionariam maior geração de energia elétrica.

P.3.14. As usinas nucleares podem trazer riscos para a população que mora perto dela? Que tipo de riscos?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	33
não	01

Os riscos apresentados foram:

acidentes nucleares	10
problemas de radiação	09
explosão	06
riscos de vida	03
problemas de radiação/lixo atômico	02
produção de lixo atômico	01
produção de armas nucleares	01
não sabe	01

Comentários

Para 33 dos 34 entrevistados, as usinas nucleares podem trazer riscos para a população. Os alunos alegaram que haveria uma grande probabilidade de ocorrer acidentes nucleares por explosões, vazamentos, e até por falhas humanas. Além disso haveria os riscos ocasionados pela liberação de radiação tanto no funcionamento normal de uma usina nuclear quanto na manipulação do lixo atômico. O entrevistado que respondeu negativamente a pergunta alegou que tudo dependeria da maneira como a usina fosse tratada.

P.3.15. O acidente nuclear ocorrido em Tchernobyl pode acontecer no Brasil?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	22
não	01

Comentários

Para estabelecer esta tabela, os alunos entrevistados foram os 23 da pergunta P.3.11 que afirmaram que as usinas brasileiras já estavam total ou parcialmente construídas.

Com relação ao acidente ocorrido em Tchernobyl os entrevistados acharam que ele poderia acontecer no Brasil. Isto porque o país possui um conhecimento tecnológico inferior à União Soviética e, além disso, a usina brasileira era uma usina com tantos problemas que aumentava a probabilidade de ocorrência de um acidente nuclear. Eles também afirmaram que este acidente, caso ocorresse, poderia ter proporções maiores do que o de Tchernobyl.

4.4. 4o. Foco: Artefatos Bélicos

P.4.1. Que países possuem a bomba atômica?

País mencionado	número de respostas obtidas
Estados Unidos	32
União Soviética	28
Japão	08
Alemanha	06
França	06
China	04
Inglaterra	05
Israel	05
Argentina	01
Brasil	01
Canadá	01
Cuba	01
Índia	01
Irã	01
Iraque	01
Líbia	01
Polônia	01
Suécia	01
Tchecoslováquia	01
Não sabe	01

Comentários

Dos 34 alunos entrevistados, um afirmou não saber quais países possuíam a bomba atômica. Observa-se que os 33 entrevistados restantes tenderam a associar a bomba atômica às grandes potências, isto é, aos países desenvolvidos e industrializados. Assim, países em desenvolvimento como é o caso da Índia foi lembrada apenas por um aluno. Por outro lado, países desenvolvidos, como o Japão e a Alemanha, que não possuem bombas foram citados (3).

3. Antônio CABRAL, A terceira guerra mundial, p. 49-59.

P.4.2. Você ouviu falar em testes com bombas atômicas?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	24
não	10

P.4.3. Em que locais são realizados estes testes?

locais mencionados	número de respostas obtidas
desertos	13
lugares afastados	04
Atóis	02
Hiroshima	02
não sabe	02
fundo dos mares	01
ilhas	01
lua	01
sem população	01
subterrâneos	01

Comentários

Dos 24 entrevistados que ouviram falar em testes com bombas atômicas, 15 especificaram corretamente os desertos, subterrâneos e atóis como os locais onde esses testes nucleares são realizados, e 3 deles chegaram até a especificar os nomes dos locais desses testes.

P.4.4. Você conhece algum caso de bomba atômica que tenha explodido em alguma cidade do mundo?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	32
não	02

P.4.5. Em que cidade?

Essa pergunta foi feita apenas para os 32 entrevistados que afirmaram ter conhecimento da explosão de uma bomba atômica em alguma cidade.

cidades mencionadas	número de entrevistados
Hiroshima e Nagasaki	16
Hiroshima	14
não sabe	02

P.4.6. Quando?

Essa pergunta foi feita apenas para os 30 entrevistados que sabiam o nome da cidade onde a bomba tinha explodido.

Fato mencionado	número de entrevistados
II Guerra Mundial	13
durante a guerra	07
não sabe	06
durante um teste	03
desavença entre o Japão e Estados Unidos	01

Comentários

Os alunos entrevistados mostraram-se bem informados quanto a explosão da bomba atômica no Japão na II Guerra Mundial. O fato de um maior número de entrevistados citar mais a cidade de Hiroshima e menos a de Nagasaki pode ser porque foi em Hiroshima que ocorreu a 1ª explosão atômica no mundo. Além disso, anualmente, em 5 de agosto, os meios de comunicação de massa dão ênfase as comemorações que ocorrem, na cidade de Hiroshima, tendo em vista relembrar este acontecimento.

P.4.7. Você acha que o Brasil possui a bomba atômica? Por quê?

tipo de respostas	número de entrevistados
não	21
talvez	06
não sabe	05
sim	02

As respostas negativas apresentaram como causas:

falta de tecnologia/técnicos	05
é subdesenvolvido	04
não tem necessidade	03
não tem condições econômicas	02
precisa de mais recursos	02
não tem condições econômicas/técnicas	02
subdesenvolvido/sem tecnologia	02
não tem capacidade	01

"De repente até pelo nível tecnológico dele sabe, e... e também por ser país de terceiro mundo, subdesenvolvido. Acho que isso tá mais prá... país desenvolvido, né?" (MBS, F, 17, CESJH).

"Eu acho que... nós não estamos num estágio... tecnológico que tenhamos condições de produzir a bomba ainda, né? Mas... já se tá trabalhando em reatores, né? E... na certa vamos chegar... a bomba atômica, devemos chegar, né?" (SMS, M, 20, CEHS).

"Acho que... ele precisa assim um pouco mais de... mais recursos, prá construir uma. Acho que ainda não teve oportunidade não" (DRS, F, 17, CA).

As respostas afirmativas apresentaram como causas:

para se igualar aos Estados Unidos	01
se torna respeitado	01

"Acho. Porque... é uma potência, os Estados Unidos é uma grande também, a União Soviética. O Brasil... constrói uma bomba atômica... se torna respeitado, não sei" (ANS, M, 17, IEE).

As respostas condicionais apresentaram como causas:

podem estar escondendo	03
há pesquisas	02
disposição do Governo para ter	01

"Talvez sim, talvez não. É... Ele possui usinas nucleares, pode ser que uma... das intenções do Brasil seja produzir uma bomba atômica, mas isso dependeria muito do Governo brasileiro, dos centros tecnológicos do Brasil também. Se isso seria uma vontade... do Governo, né? Porque... o povo hoje em dia não tem muita vontade, se o Governo queresia ou não, a construção de uma bomba. Seria necessário ou não prá proteger o Brasil" (SV, F, 17, CEHS).

"Feita não, mas eu acho que já... possui projetos dela. Já possui assim, mais ou menos, meio caminho andado sobre a bomba atômica, né? Ele já pretende... usar técnicas novas assim para tentar chegar a bomba atômica. Porque o Brasil se... a gente, e tem muita coisa... eles faz muita coisa sem... a população saber..." (VFR, F, 17, IEE).

Comentários

Dos entrevistados que responderam negativamente a pergunta, o motivo que predominou, para as suas respostas, foi a falta de tecnologia do Brasil quanto a parte nuclear, para a construção de bombas atômicas.

7 dos 21 entrevistados que disseram que o Brasil não possuía a bomba, afirmaram que o Governo tem planos para a construção de uma bomba no futuro.

P.4.8. O Brasil precisa ter bombas atômicas?

tipo de respostas	número de entrevistados
não	24
talvez	10

As respostas negativas apresentaram como causas:

é uma coisa desnecessária	06
deveriam investir em outras prioridades	05
não tem recursos/condições	04
nenhum país precisa ter	03
não faz diferença ter ou não ter	03
a bomba é uma coisa perigosa	01
é um país que não pensa em guerra	01
deveriam investir em outras prioridades/ é uma coisa desnecessária	01

"Acho que tem muito mais coisa necessária prá ele é... vamos supor, fazer, do que construir uma bomba atômica. Acho que tem muito mais coisa no Brasil que tá precisando de... mais urgente prá ser feito do que... uma bomba" (DRS, F, 17, CA).

"Eu acho que nenhum país precisaria de bombas atômicas, nem nenhum tipo de bombas" (MBS, F, 17, CESJH).

As respostas condicionais apresentaram como causas:

só se fosse prá se defender	05
para ter sua independência/garantia	05

"Eu acho que... por um lado eu acho que não é necessário, nem... nem Brasil nem país nenhum ter um... um brinquedinho desse daí que... causa tantos estragos, que... mas por outro lado eu creio que é necessário porque... eu aprovaria até a construção de uma bomba atômica não prá ser usada, né? por... Brasil porque assim usar, né? Intenções nossas mesmo, mais como uma arma de defesa, no caso se houver uma II Guerra, uma III Guerra Mundial aí" (ROS, M, 17, CESJH).

"Vai precisar é logico. Isso aí tá muito selvagem. Sei lá, de repente ele fica... Já é dominado, né? Seria mais dominado ainda se não tivesse bomba. Acho que a idéia que eles têm é essa, quem não tem bomba é... dominado" (AF, M, 16, CA).

Comentários

Apesar de todos os entrevistados mostrarem-se contrários ao Governo brasileiro ter bombas atômicas, 10 deles ressaltaram a importância do país possuí-la para o

caso de precisar defender-se, numa guerra ou na luta pela soberania nacional.

P.4.9. Na sua opinião, como funciona uma bomba atômica?

Para classificar as respostas a esta pergunta foram considerados três níveis, de acordo com uma ordem crescente de compreensão do funcionamento de uma bomba atômica.

Nível	número de entrevistados
I	18
II	14
III	02

Descrição dos Níveis e Respostas Típicas:

Nível I - O entrevistado não fornece nenhuma explicação sobre o funcionamento de uma bomba atômica.

"É uma peça meio complexa, né?" (SMC, F, 19, CEGV).

"Bomba atômica... É uma ogiva nuclear que vai dentro da... dentro daquele foguete, aquele projétil que transporta ela, né? Esse míssil de longo alcance. Acho que todos agora são assim, deve ser" (AJR, M, 19, CESJH).

"Bom! Pelo que eu vejo falar dos Estados Unidos, União Soviética, é aparelhagens, coisas de... É funciona assim, acho que mais aparelhagens e... gases" (DRS, F, 17, CA).

Nível II - O entrevistado fornece explicações genéricas e/ou menciona seus efeitos, sem contudo explicar o seu funcionamento.

"Só sei que... quando a bomba, uma bomba atômica no caso, explode, ela emite muita radiação capaz de matar muita gente. Que seria... algum elemento ali, né? Algum elemento que... que, sei lá, com o impacto ele... emiti-

ria muita radiação, acho que seria isso" (MBS, F, 17, CESJH).

"Na minha opinião? Por... É quando... pelo menos eu aprendi assim, que o átomo é indivisível. Depois tu começa a estudar que o átomo pode ser dividido, o núcleo dele. Eu acho que a bomba atômica seria isso, seria a divisão do átomo, eu não saberia dizer por... por qual processo. Ah!... do núcleo do átomo que rompe... explodindo, seria isso" (SV, F, 17, CEHS).

"É... o... urânio enriquecido ele tá dentro de... cápsula vedada, tem... detonador, se bem que ela explode antes de chegar no chão" (MJF, M, 17, IEE).

Nível III - O entrevistado fornece em sua explicação alguns pontos importantes do funcionamento de uma bomba atômica.

"É plutônio... e o plutônio através da... fissão, lá do... encontro das partículas do... plutônio ou do urânio, do urânio acho e... sai uma grande quantidade de energia porque, já estudei isso em Física pro vestibular. Porque a energia... liberada é muito grande porque a massa que forma depois é sempre menor do que a massa que eles tinham antes. O resto é tudo transformado em energia, como existem milhares de átomos de urânio ou plutônio não sei mais o que é, numa bomba atômica, a quantidade de energia liberada é... gigantesca" (SMS, M, 20, CEHS).

Comentários

A maioria dos entrevistados não soube descrever o funcionamento de uma bomba atômica. Para eles, a bomba seria alguma coisa muito complexa mas com um grande poder de destruição.

4.5. 5o. Foco: Aplicações Pacíficas da Tecnologia Nuclear

P.5.1. Você acha possível o uso da tecnologia nuclear na medicina?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	27
não	01
não sabe	06

P.5.2. De que maneira?

tipo de respostas	número de respostas obtidas
raios-X	07
não sabe	07
tratamento do câncer	06
tratamento com Laser	05
na descoberta de doenças/curas	02
para fazer certos exames	02
imunização de equipamentos	01
fornecendo material radioativo	01
realizando operações	01
energia elétrica para aparelhos	01

Comentários

Apesar de 27 dos 34 entrevistados afirmarem que a tecnologia nuclear poderia ser aplicada na medicina, apenas 7 souberam precisar como essa tecnologia vinha sendo usada. Desses 7 entrevistados, 5 afirmaram que a tecnologia nuclear podia ser usada no tratamento e cura do câncer. 1 entrevistado afirmou que essa tecnologia podia ser usada para fornecer material radioativo para os aparelhos de medicina além de poder ser usada para o tratamento do câncer. Salientou, ainda, o uso dessa tecnologia para a esterilização de equipamentos. O restante dos entrevistados, apesar de afirmarem que a medicina poderia fazer uso

da tecnologia nuclear, mostraram desconhecer a maneira correta disto ocorrer. Eles afirmaram que essa tecnologia poderia ser aplicada em aparelhos de raios-X e em raios Laser.

P.5.3. Há outras aplicações da tecnologia nuclear, sem ser na medicina, que você conhece?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	19
não sabe	07
não	08

P.5.4. Quais?

tipo de respostas	número de respostas obtidas
energia elétrica	07
agricultura	05
não sabe	05
indústria	03
pesquisa para a área tecnológica	02
campo espacial	01

Comentários

Dos 19 entrevistados que responderam afirmativamente a pergunta P.5.3, constata-se que 7 citaram a geração de energia elétrica como uma aplicação da tecnologia nuclear. Contudo, voltando-se a pergunta P.3.5, observa-se que ao invés de 7, 16 entrevistados afirmaram que uma usina nuclear podia produzir energia elétrica. Acredita-se que houve essa diferença de 16 para 7, ou seja, de 9 entrevistados, porque antes, esses 9, já haviam mencionado a geração de energia elétrica como uma aplicação pacífica da tecnologia nuclear. Provavelmente,

eles não acharam mais necessário ressaltar o fato ou então, tiveram alguma dificuldade em associar a geração de energia elétrica, provinda de uma usina nuclear, como uma aplicação dessa tecnologia.

O entrevistado que disse ser possível a utilização da tecnologia nuclear no campo espacial, especificou seu uso em: combustível para foguete e energia elétrica para a lua.

Os entrevistados que especificaram pesquisas na área tecnológica apontaram o aperfeiçoamento de materiais e de peças eletrônicas como aplicações da tecnologia nuclear.

Dos 5 entrevistados que citaram a aplicação da tecnologia nuclear na agricultura, apenas 1 especificou como essa tecnologia podia ser aplicada.

Os 3 entrevistados que citaram a indústria, especificaram o uso da energia elétrica para movimentar as máquinas industriais.

Observa-se assim, das perguntas P.5.1, P.5.2, P.5.3 e P.5.4 que os alunos demonstraram pouco conhecimento quanto as aplicações pacíficas da tecnologia nuclear.

4.6. 6o. Foco: O Brasil e a Tecnologia Nuclear

P.6.1. Você acha que o Brasil está preparado para lidar com a tecnologia nuclear e suas implicações? Por quê?

tipo de respostas	número de entrevistados
não	28
sim	05
não sabe	01

As razões para as respostas negativas foram:

não tem tecnologia suficiente e/ou	
técnicos especializados na área	08
falta de preparo do próprio Governo	06
é subdesenvolvido	04
não saberia usá-la adequadamente/controlá-la	04
precisa mais estudos nessa área	03
não há interesse	03
má fiscalização nessa área	01
não sabe	01

"Não. Por causa do próprio exemplo de Goiânia. Quer dizer, se não há uma fiscalização dos próprios... materiais... quanto a medicina, coisas pequenas, não há como se cuidar de uma coisa maior" (AGPD, M, 18, CESJH).

"Não. Porque ele não saberia usar adequadamente, não seria organizado. Teria milhões de chances de acontecer um... um desastre como Tchernobyl" (SRS, F, 17, CESJH).

"Não. O Brasil é um país subdesenvolvido, ele não tem capacidade prá desenvolver um negócio desses, técnico já não seria do Brasil. Seria do Japão, Inglaterra, Estados Unidos. Então... viria tudo de lá, então o Brasil sozinho não conseguiria ter experiências... esse tipo de atividade" (CVP, F, 21, CEPA).

"Eu acho que... totalmente preparado não. Ah! eu acho que o Brasil tá muito... ainda falta um pouco de... mais pesquisas, mais avanço tecnológico, um aprendizado maior, da área, da área em si, sobre o assunto" (SMC, F, 19, CEGV).

"Não. O Brasil não tem... tecnologia. Acho que o Governo é muito irresponsável prá... ter uma coisa dessas" (ES, M, 19, CEPA).

"Prá avanço tecnológico em termos de Brasil, eu acho que não representaria muito porque não há interesse" (SM, F, 17, IEE).

"Porque tem tanto já problema no Brasil, né? Prá ser resolvido. Acho que é uma coisa prá pensar mais adiante" (MAB, F, 18, CEGV).

As razões para as respostas afirmativas foram:

tem gente capacitada para isso	04
tem condições para isso	01

"Eu acredito que, preparado mesmo, pelo que ele tem mostrado até o presente momento, eu acredito que ele tá, apesar de eu não acompanhar de perto esse desenvolvimento... por parte do Brasil. Condições ele tem mas não... mas isso eu acredito que não é assim tão... grandes... aperfeiçoamentos, assim comparado com a União Soviética, com os Estados Unidos, assim com países que estão décadas na nossa frente" (ROS, M, 17, CESJH).

"Claro. Não todo o Brasil. O Brasil tem gente... capacitada a trabalhar, trabalhar e produzir" (FSBM, M, 17, CA).

Comentários

A maior parte dos entrevistados acha que o Brasil está despreparado para lidar com a tecnologia nuclear. Acredita-se que os alunos entrevistados deram esse tipo de resposta tendo em vista o descaso com que o acidente ocorrido em Goiânia foi tratado.

P.6.2. Você acha que a população brasileira precisa conhecer os princípios básicos a respeito da tecnologia nuclear? Por quê?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	34
não	00

As razões para as respostas afirmativas foram:

Razões mencionadas	número de respostas obtidas
saber os benefícios/riscos	07
não ser manipulada	06
conhecer o assunto	10
saber os riscos	04
saber os benefícios	04
saber reagir em caso de acidente nuclear	04
evitar o que aconteceu em Goiânia	03

"Ninguém pode... dar um... um conceito, uma opinião sem conhecer realmente... o que se fala, sem saber o que... o que que ela tá dando o conceito. Prá que o povo possa manifestar opinião ele tem que conhecer essa usina, como funciona, quais os riscos, prá que serve. Então é... eu acho... dá maior... muito natural, e mais... necessário que se informe a população, o que é, e prá que serve, como funciona, uma usina nuclear" (RTC, M, 16, IEE).

"Precisa e muito. Porque se... no caso no... a população tivesse mais... sido mais esclarecida sobre energia nuclear não teria acontecido o que aconteceu em Goiânia. No caso... dos donos do ferro-velho não teriam pegado o césio, se soubessem realmente. Apesar da fabricação no Brasil não ser tão difundida né? As pessoas pobres não podem ver uma... televisão em casa prá saber. Mas deveria ser muito esclarecido sim" (MAB, F, 18, CEGV).

"Precisa. Prá ela ter um conhecimento melhor né? Se algum acidente acontecer então ela já... ela já sabe assim, ela precisa prá... que é prá saber discutir também né? Eu acho que é do interesse deles abrir mais, falar mais detalhadamente prá pessoas ter conhecimento geral" (CM, F, 21, CEHS).

"Precisaria. Principalmente que se tem muito essa visão armamentista, e se esquece um pouco também da visão utilitária da energia nuclear, novas tecnologias. Até prá desmistificar mais, tornar mais próximo da gente, e tornar também... fazer com que as pessoas é... influíssem mais, se informassem mais. Seria melhor" (MJF, M, 17, IEE).

"Acho que deveriam estar por dentro sim. Porque tem gente aí, tem gente que gostaria de saber e não... é explicado. Deveria ter até... na televisão um espaço, nem que fosse de cinco minutos prá ser falado. Todo dia ser falado um pouco" (CVP, F, 21, CEP A).

Comentários

Os 34 entrevistados acharam que a população precisaria conhecer os princípios básicos sobre energia nuclear. Apontaram como justificativa de suas afirmações a importância da população saber tanto dos riscos quanto dos benefícios oferecidos por esta forma de energia. Isso permitiria que a população, com maior conhecimento do as-

sunto, pudesse discutir com mais discernimento a necessidade, dessa tecnologia, para o país.

P.6.3. Os assuntos, aqui tratados, são discutidos em sala de aula?

tipo de respostas	número de entrevistados
não	17
sim	17

P.6.4. Esses assuntos deveriam ser discutidos em sala de aula?

tipo de respostas	número de entrevistados
sim	34
não	00

P.6.5. Em que disciplinas?

disciplinas mencionadas	número de respostas obtidas
Física	22
Química	18
Geografia	15
OSPB	10
Biologia	10
História	09
Sociologia	04
sem disciplina específica	03
EMC	02
Saúde	02
Economia	02
Ecologia	01
Filosofia	01
Genética	01
Matemática	01

Comentários

Os 34 entrevistados afirmaram que quanto aos aspectos técnicos, políticos e sociais a tecnologia nuclear deveria ser tratada em sala de aula. Isto porque, eles

achavam importante ter mais conhecimento sobre o assunto nuclear, para poderem realizar debates e emitir suas opiniões com conhecimento de causa. Além disso, eles acreditavam que aumentando seus conhecimentos sobre o assunto, este poderia ser mais difundido tanto no meio estudantil quanto para a população em geral.

Metade dos entrevistados na pergunta P.6.3, disseram que o assunto nuclear foi discutido em sala de aula. Neste caso, estavam considerando as discussões ocorridas sobre os acidentes de Goiânia e de Tchernobyl, além de tópicos vistos em Geografia sobre usinas para geração de energia elétrica. Contudo, mencionaram que apesar destes assuntos terem sido discutidos em sala de aula e serem polêmicos na época, as discussões foram de pouca profundidade. Tais discussões se prendiam somente aos acidentes e não abordavam temas como: aplicações pacíficas da tecnologia nuclear, geração de energia elétrica por uma usina nuclear, artefatos bélicos e outros mais.

Todos os entrevistados, sem exceção, concordaram que o assunto nuclear deveria ser discutido em sala de aula, e esse tópico incluído nos programas das disciplinas Física e Química, as mais apropriadas para isso.

4.7. Nível de Informação dos Alunos sobre a Tecnologia Nuclear por Sexo e Desempenho Escolar

A partir dos dados obtidos resolveu-se verificar se na amostra considerada podia-se notar alguma influência do sexo e desempenho escolar no nível de informação dos alunos sobre a tecnologia nuclear. Para saber o nível de informação dos

alunos entrevistados com relação as variáveis sexo e desempenho escolar, tomou-se como base as perguntas P.1.5, P.2.5, P.3.7 e P.4.9. Nestas perguntas, o nível de informação está subdividido conforme a informação detida pelos alunos entrevistados. Inicialmente tabulou-se todos os dados, referentes as perguntas para se ter a visão do todo. Posteriormente, foi feita a análise de cada pergunta individualmente com relação as variáveis sexo e desempenho escolar. A tabela (4.1) apresenta todos os dados referentes as perguntas tomadas como base.

Nesta tabela, na segunda coluna, as letras têm um significado próprio quanto ao desempenho escolar: A - acima da média; B - na média; C - abaixo da média.

Tabela (4.1) - Informações dos Alunos Entrevistados Relativas as Variáveis Sexo e Desempenho Escolar

Nome	Desempenho Escolar	Sexo		Perguntas			
		M	F	P.1.5	P.2.5	P.3.7	P.4.9
BLS	A	X		II	I	I	I
RLS	B		X	II	II	I	I
CVP	A		X	II	I	I	I
LBZ	B	X		III	III	II	I
MBM	B		X	III	I	II	I
MDGS	A		X	III	II	I	II
LGS	C	X		II	II	I	II
MAB	A		X	IV	II	III	II
SMC	B		X	III	II	I	I
VV	C	X		I	I	I	I
VFR	A		X	IV	III	II	II
RTC	B	X		III	II	I	II
ANS	C	X		II	II	I	I
ES	C	X		III	II	II	I
MBS	B		X	II	II	I	II
AJR	B	X		IV	IV	I	I
AGPD	A	X		IV	III	II	I
RMS	C		X	III	II	I	I
ROS	B	X		II	III	I	I
SRS	C		X	III	II	I	I
FRF	A	X		II	II	I	II
DRS	C		X	II	III	I	I
KSGR	C		X	II	I	I	II
MJF	A	X		III	IV	III	II
SM	B		X	III	II	II	I
FSBM	A	X		IV	III	II	III
AF	B	X		III	I	II	I
RRM	A	X		III	IV	III	III
VC	B		X	III	II	I	II
MLS	C		X	II	I	I	I
SV	A		X	III	II	II	II
CM	C		X	III	III	I	II
SMS	B	X		III	III	II	II
BBJ	A	X		IV	IV	III	II

a) Análise pela Variável Sexo

Nas tabelas (4.2), (4.3), (4.4) e (4.5) é feita a análise do nível de informação dos alunos entrevistados relacionada com a variável sexo, respectivamente às perguntas P.1.5; P.2.5; P.3.7 e P.4.9.

Tabela (4.2) - Informação dos Alunos sobre o Acidente de Goiânia Relativa a Variável Sexo

Nível \ Sexo	I	II	III	IV
M	1	5	7	4
F	-	6	9	2

Tabela (4.3) - Informação dos Alunos sobre o Acidente de Tchernobyl Relativa a Variável Sexo

Nível \ Sexo	I	II	III	IV
M	3	5	5	4
F	4	10	3	-

Tabela (4.4) - Informação dos Alunos sobre as Usinas Nucleares Relativa a Variável Sexo

Nível \ Sexo	I	II	III	IV
M	8	6	3	-
F	12	4	1	-

Tabela (4.5) - Informação dos Alunos sobre as Bombas Atômicas Relativa a Variável Sexo

Nível \ Sexo	I	II	III
M	9	6	2
F	9	8	-

Nas tabelas (4.2) à (4.5), tomou-se como base o número de entrevistados relativos ao nível de informação mais avançado - último nível de cada pergunta. Na tabela (4.2), no nível IV, tem-se 4 alunos do sexo masculino e 2 do sexo feminino. Na tabela (4.3), também no nível IV, tem-se 4 alunos do sexo masculino e nenhum do sexo feminino. Na tabela (4.4), ainda no nível IV, não se tem nenhum aluno, nem do sexo masculino nem do sexo feminino. Na tabela (4.5), no nível III, tem-se 2 alunos do sexo masculino e nenhum do sexo feminino.

Pode-se constatar da análise das tabelas acima que o nível de informação dos alunos entrevistados parece depender do sexo, isto é, os alunos do sexo masculino são mais informados quanto a questões nucleares do que os do sexo feminino.

b) Análise pela Variável Desempenho Escolar

Nas tabelas (4.6), (4.7), (4.8) e (4.9) é feita a análise do nível de informação dos alunos entrevistados relacionado com a variável desempenho escolar, respectivamente às perguntas P.1.5; P.2.5; P.3.7 e P.4.9.

Tabela (4.6) - Informação dos Alunos sobre o Acidente de Goiânia Relativa a Variável Desempenho

Desempenho \ Nível	Nível			
	I	II	III	IV
A	-	3	4	5
B	-	3	8	1
C	1	5	4	-

Tabela (4.7) - Informação dos Alunos sobre o Acidente de Tchernobyl Relativa a Variável Desempenho

Desempenho \ Nível	Nível			
	I	II	III	IV
A	2	4	3	3
B	2	6	3	1
C	3	5	2	-

Tabela (4.8) - Informação dos Alunos sobre as Usinas Nucleares Relativa a Variável Desempenho

Desempenho \ Nível	Nível			
	I	II	III	IV
A	4	4	4	-
B	7	5	-	-
C	9	1	-	-

Tabela (4.9) - Informação dos Alunos sobre as Bombas Atômicas Relativa a Variável Desempenho

Nível \ Desempenho	Nível		
	I	II	III
A	4	6	2
B	7	5	-
C	7	3	-

Nas tabelas (4.6) à (4.9), tomou-se como base o número de entrevistados relativos ao nível de informação mais avançado - último nível de cada pergunta. Na tabela (4.6), no nível IV, tem-se 5 alunos com desempenho escolar A, 1 aluno com desempenho B e nenhum com desempenho C. Na tabela (4.7), também no nível IV, tem-se 3 alunos com desempenho escolar A, 1 aluno com desempenho B e nenhum com desempenho C. Na tabela (4.8), ainda no nível IV, não se tem nenhum aluno com desempenho escolar A, B ou C. Na tabela (4.9), no nível III, tem-se 2 alunos com desempenho escolar A e nenhum aluno com desempenho B ou C.

Pode-se constatar da análise das tabelas acima que o nível de informação dos alunos entrevistados parece depender do desempenho escolar, pois os alunos que estão no nível mais avançado são sempre aqueles de desempenho escolar A. Tal fato era de se esperar pois geralmente os alunos de melhor desempenho são aqueles mais interessados em ter maior volume de informações.

Apesar da análise feita, deve-se ressaltar que a amostra utilizada foi pequena, não possibilitando, com isto, um tratamento estatístico adequado. Todavia, esta análise deu uma

idéia da dependência do nível de informação relativa as variáveis sexo e desempenho escolar. Ela poderá servir de base para pesquisas a serem realizadas com maior profundidade em trabalhos posteriores.

4.8. Sumário dos Resultados e Comentários

As respostas dos alunos entrevistados sobre os acidentes de Goiânia e de Tchernobyl e outros tópicos nucleares, demonstram que eles têm pouco conhecimento com relação aos aspectos técnicos da área nuclear. Por outro lado, constata-se pelas respostas dos alunos que as informações recebidas no âmbito escolar sobre os acidentes citados foram poucas. Estas informações foram dadas em disciplinas não qualificadas para iniciar uma discussão com alguma profundidade científica. Na verdade, a maior fonte de informações, para os alunos foi a televisão. Isto porque, estes dois acidentes tiveram, na época, um maior espaço nos noticiários.

Ainda com respeito a discussão dos acidentes de Goiânia e Tchernobyl é interessante ressaltar que, dos alunos entrevistados menos de 25% apresentam em seu relato algum aspecto técnico-científico, enfatizando em suas respostas mais as consequências dos acidentes. Isto vem mostrar que embora a mídia venha tentando informar o cidadão, no caso dos acidentes, as informações passadas foram superficiais, provocando simplesmente reações emocionais destituídas de fundamentos técnicos-científicos.

Apesar disso, parece que as informações passadas pela mídia, levaram os alunos entrevistados a se posicionarem quanto aos aspectos políticos e sociais ligados aos dois acidentes. Agora, na sua maioria, os alunos mostram-se conscientes a

respeito do descaso com que a segurança na área nuclear é tratada, levando inclusive a ocorrência de acidentes como o de Goiânia e o de Tchernobyl.

Em relação aos outros tópicos nucleares, o conhecimento dos alunos entrevistados foi avaliado em relação às usinas para geração de energia elétrica (hidrelétrica, termelétrica e nuclear). Percebe-se das respostas que os alunos entrevistados, na sua maioria, não fornecem nenhuma explicação sobre o processo de funcionamento de uma usina hidrelétrica ou termelétrica. Quando o fazem fornecem uma explicação vaga e parcial de seu funcionamento. No que diz respeito às usinas nucleares, nem mesmo uma explicação vaga e parcial foi fornecida. Constatou-se assim, um desconhecimento por parte dos alunos entrevistados quanto aos processos envolvidos na transformação da energia hidráulica, térmica ou principalmente, nuclear em energia elétrica.

Também algumas concepções puderam ser extraídas das respostas dos alunos entrevistados. Com relação a uma usina hidrelétrica, na sua maioria, os alunos acham que a energia elétrica é retirada diretamente da água, isto é, a energia é extraída da água esquecendo que a geração de energia elétrica por uma usina hidrelétrica ocorre por um processo de transformação de energias, da energia potencial da água até a energia elétrica fornecida pelo gerador. Com relação às usinas nucleares os alunos entrevistados, na sua maioria, associam tais usinas a atividades bélicas. Destacam, em suas respostas, que a finalidade primordial, deste tipo de usina, é a fabricação de bombas atômicas com o duplo objetivo de demonstração de poderio militar e de utilização em conflitos bélicos. Outro aspecto interessante observado é de que para os alunos entrevistados existe uma relação entre a presença de usinas nucleares, bombas

atômicas e o desenvolvimento econômico de um país. Assim, para eles, países desenvolvidos e industrializados possuem usinas nucleares e bombas atômicas enquanto países em desenvolvimento não possuem nenhuma das duas.

Quanto aos aspectos políticos da tecnologia nuclear, os alunos entrevistados apresentam posicionamentos bem definidos. Todos eles são contrários a fabricação de bombas pelo Brasil, apesar de 30% enfatizarem o seu uso como meio de defesa. Quanto ao Brasil ter usinas nucleares a maioria dos alunos entrevistados é contrária a isso. Eles alegam a necessidade de muitos recursos para a construção dessas usinas e que o país não está em condições de arcar com tantos gastos. Para os alunos entrevistados, educação e saúde para o povo, devem ser prioridades do Governo. Além do mais, eles alegam que o potencial hídrico brasileiro é muito grande para surgir a preocupação com a construção de usinas nucleares para a geração de energia elétrica. Apesar disto, alguns entrevistados destacam a possibilidade do Brasil vir a entrar, futuramente, na área nuclear. Entretanto, alguns dos entrevistados mostram-se céticos quanto a capacidade do Brasil em poder trabalhar e gerenciar a tecnologia nuclear.

Em relação aos aspectos sociais da tecnologia nuclear novamente os alunos entrevistados apresentam posicionamentos bem definidos. No que diz respeito aos riscos que uma usina nuclear pode trazer à população, os entrevistados alegam que há uma grande probabilidade de ocorrer acidentes por explosões, vazamentos, e até por falhas humanas (como em Tchernobyl). Falam também, sobre os riscos ocasionados pela liberação de radiação tanto no funcionamento normal de uma usina nuclear quanto na manipulação do lixo atômico. Os entrevistados, ainda são unânimes em afirmar que a população precisa conhecer os princípios

básicos da tecnologia nuclear. Esse conhecimento possibilitaria à população maior discernimento para discutir a necessidade de uso dessa tecnologia pelo país e de saber dos riscos e benefícios oferecidos por ela.

Com relação as aplicações pacíficas da tecnologia nuclear, os alunos entrevistados demonstram pouco conhecimento quando questionados. Apenas 21% dos alunos entrevistados soube responder como a tecnologia nuclear vem sendo usada na medicina. Destes, 29% citam além da medicina, mais dois tipos de aplicações dessa tecnologia. São elas: a geração de energia elétrica e aplicações na agricultura.

Pode-se perceber pelas respostas dos 34 alunos entrevistados, do 3o. ano do 2o. grau a tendência, desta população estudantil, de ser mais sensível aos aspectos políticos e sociais relativos à tecnologia nuclear do que aos seus aspectos técnicos.

De tudo o que foi exposto, pelos aspectos técnicos, políticos e sociais, os alunos entrevistados acham importante ter maior conhecimento sobre o assunto nuclear tanto para poder realizar debates como para emitir suas opiniões com conhecimento de causa. Para isto, eles afirmam que a tecnologia nuclear deve ser tratada em sala de aula e a disciplina Física foi a mais indicada para este fim.

5. IMPLICAÇÕES CURRICULARES

5.1. A Ausência da Problemática Nuclear no Currículo de 2o. Grau

Do estudo realizado, principalmente da análise dos dados (1), constatou-se que o conhecimento dos alunos sobre a temática nuclear deveu-se mais ao tratamento dado pela mídia - principalmente a televisão - do que pelas informações fornecidas em sala de aula. Apesar de alguns professores terem abordado o tema, os professores das disciplinas Física, Química e Biologia - os quais mais se identificam com o assunto -, não o fizeram com tanta ênfase como era de se esperar. As respostas dos alunos entrevistados deixam transparecer, que os professores trataram do assunto nuclear, em sala de aula, mais motivados pelo interesse dos alunos do que por seu próprio interesse pelo tema. Entretanto, as informações fornecidas, tanto pela escola quanto pelos meios de comunicação, não parecem ter sido suficientes para a compreensão do tema, pois o nível de informação dos alunos mostrou-se muito superficial. Assim, pode-se inferir, com uma certa margem de segurança que os alunos hoje cursando o 3o. ano do 2o. grau têm um nível de informação menor do que os alunos entrevistados em 1988. Isto porque, a mídia não vem tratando do assunto, com tanta ênfase e com tanto impacto, como o fez naquela época, quando ocorreram os acidentes de Tchernobyl e de Goiânia.

Este estudo mostrou ainda que a temática nuclear não se encontra formalmente nos currículos. Isto pode ser visto pela análise de alguns livros didáticos mais utilizados nas disciplinas citadas pelos alunos (2).

1. Cf. p. 99.

2. Cf. p. 100-102.

i) Análise dos Livros Didáticos

Para fazer a análise dos livros didáticos, com relação a temática nuclear, selecionou-se aqueles mais conhecidos no mercado e indicados pelos professores das disciplinas.

Para a disciplina Física foram selecionados os livros de Ramalho (3), Bonjorno (4), Chiquetto e Parada (5) e Alvarenga (6). Na análise destes livros não foi encontrado nenhum tópico relacionado com a temática nuclear. Exceção deve ser feita ao livro de Alvarenga que na parte de leituras - leituras que tratam de alguns tópicos da Física Moderna - há uma referência, se bem que sucinta ao assunto. Na leitura com o título "Transmissão e distribuição da energia elétrica" (7) ela faz uma comparação do funcionamento de uma usina nuclear com uma usina termelétrica.

Para a disciplina Química, selecionou-se os livros de Feltre (8), Carmo Gallo (9) e Lembo (10). Em todos estes livros encontrou-se um capítulo destinado ao estudo da radioatividade. Todavia, estes capítulos encontram-se sempre no final de volumes e tratam do assunto de uma forma bem específica. Exceção deve ser feita ao livro de Feltre que apesar do capítulo de radioatividade aparecer no final do 2o. volume apresenta um de-

3. Francisco RAMALHO JÚNIOR, Os fundamentos da física, passim.

4. Regina F. S. Azenha BONJORNNO, Física, passim.

5. Antônio Augusto PARADA, Física, passim.

6. Beatriz ALVARENGA, Física, passim.

7. Ibid., v. 3, p. 894-900.

8. Ricardo FELTRE, Química, v. 2, p. 402-466.

9. Carmo GALLO NETTO, Química, v. 2, p. 374-407.

10. Antônio LEMBO, Química, v. 3, p. 368-385.

envolvimento mais elaborado, tratando até mesmo das aplicações e dos perigos relacionados com as radiações nucleares.

Para a disciplina Biologia, os livros selecionados foram os de Soares (11), Amabis (12), Cesar e Sezar (13) e Gowdak (14). Em todos esses livros nada foi encontrado que se referisse a temática nuclear.

Finalmente, para a disciplina Geografia foram selecionados os livros de Licínio (15), Nakata (16) e Vesentini (17). Nos livros analisados encontrou-se também, na unidade que trata da Geografia Econômica nos capítulos sobre fontes de energia alguns esclarecimentos sobre a produção de energia elétrica a partir do combustível nuclear. Entretanto, esses assuntos são tratados de maneira superficial, estando mais voltados para as atividades econômicas.

5.2. Atualidade da Problemática Nuclear

Embora, o assunto nuclear não venha aparecendo na mídia com tanto destaque, ele continua sendo atual. Haja visto os seguintes fatos:

No Brasil continuam os problemas com o funcionamento da usina Angra I e com a construção das outras, estabelecidas no acordo Brasil-Alemanha; o programa paralelo apesar do sigilo em que esteve envolvido começa agora a ter alguma trans-

11. José Luís SOARES, Biologia, passim.

12. José Mariano AMABIS, Biologia, passim.

13. Cesar da SILVA JÚNIOR & Sezar SASSON, Biologia, passim.

14. Demétrio GOWDAK. Biologia, passim.

15. Walter LICÍNIO, Geografia geral e do Brasil, p. 220.

16. Hirome NAKATA, Geografia Geral, pp. 222-226.

17. José William VESENTINI, Geografia geral e do Brasil: Brasil, sociedade e espaço, p. 109-111.

parência; no Senado está instalada uma CPI Nuclear que investiga denúncias sobre o programa paralelo; começa a ocorrer uma abertura no programa nuclear na América Latina com o acordo Brasil-Argentina de novembro de 1990; as pesquisas e aplicações pacíficas da tecnologia nuclear continuam em desenvolvimento.

Assim, como a tecnologia nuclear já está implantada no país é de se esperar que a temática nuclear passe a fazer parte do ensino formal das escolas brasileiras. Deste modo, a discussão desta temática não aconteceria apenas quando existissem a ocorrência de acidentes. Além do mais, um dos objetivos da escola é a formação plena do cidadão e como já foi visto (18) o ensino de ciências possibilita também esta realização. Desta forma, o estudo da temática nuclear é válido pois, capacita o cidadão a compreender os benefícios e os problemas que a ciência e a tecnologia trazem para a sociedade. Este estudo é ainda importante, pois caso aconteça outro acidente como os ocorridos em Tchernobyl e em Goiânia o professor continua despreparado para abordá-los em sala de aula.

Do que foi exposto, fica evidente que o aluno precisa e deve ter algum conhecimento da temática nuclear para poder exercer seu direito de cidadania. A preocupação com a informação nuclear nas escolas já ocorre a muito tempo a nível internacional. Tem-se projetos como o PLON (Projeto de Desenvolvimento do Currículo de Física na Holanda), iniciado em 1972 com o objetivo de modernizar e atualizar os currículos existentes na área de Física, na Holanda e o DISS (Discussão de Questões de Ciência na Escola). Estes projetos já tem materiais curriculares tratando do assunto (19), (20). No Brasil começa a haver uma

18. Cf. p. 36.

19. PLON (Projeto de Desenvolvimento do Currículo de Física na Holanda), Ionizing radiation, passim.

preocupação por parte de alguns pesquisadores. Isso pode ser visto pelos trabalhos publicados por Barros (21) e Bröckmann (22), pelo projeto CNEN vai às escolas (23) e pelos textos sobre o tema nuclear nos livros paradidáticos de Goldemberg (24) e Portela (25) demonstrando uma preocupação com a informação sobre o assunto, passadas aos estudantes brasileiros.

Embora, estes trabalhos e textos sejam bons, eles não estão conseguindo atingir totalmente a população docente e discente já que são consumidos apenas por pessoas mais interessadas no assunto. Além disto, nenhum deles mostra como deve ser introduzido o tema em sala de aula. Em vista disso, é necessário que seja tomada providências para se estabelecer critérios com o fim de, introduzir formalmente, os tópicos nucleares nos currículos escolares. Só assim, a informação nuclear poderá chegar as salas de aula brasileiras. Devido a atualidade da problemática nuclear, neste trabalho levanta-se algumas sugestões e caminhos para a introdução do tema no currículo escolar.

É importante salientar que, neste trabalho não está sendo feita uma proposta detalhada para o professor utilizar em sala de aula. Este não é o objetivo do trabalho e deverá ser feito posteriormente por grupos de pesquisa e ensino, podendo mesmo ser tema de outras dissertações por outros professores. O que será feito aqui é fornecer algumas sugestões e mos-

20. DISS (Discussão de Questões de Ciência na Escola), Discussing nuclear power, Phys. Educ., 24 (6) : p. 346-347.

21. Susana de Souza BARROS, The Goiania radioactive accident : accident or incident? subsidies for a science-technology-society module, pp. 1-15.

22. Magale Elisa BRÜCKMANN, Radioatividade, pp. 1-27.

23. PROJETO CNEN VAI AS ESCOLAS, Curso de introdução à energia nuclear, passim.

24. José GOLDEMBERG, Energia nuclear: vale a pena?, passim.

25. Fernando PORTELA, Energia Nuclear, passim.

trar suas implicações na introdução da temática nuclear em sala de aula. Os caminhos possíveis para isto, são: a fragmentação ou a integração.

5.3. Caminhos para Introdução da Temática Nuclear

5.3.1. Fragmentação

Uma maneira de introduzir os tópicos nucleares em sala de aula, seria dividi-los pelas disciplinas Física, Química, Biologia, Geografia, História e OSPB. Evidentemente que cada uma destas disciplinas trataria do assunto nuclear adaptando-o a especificidade de seu conteúdo programático.

Em Física poderiam ser tratados os tópicos sobre: Transformações de energia, fissão nuclear, fusão nuclear, reatores nucleares, rejeitos radioativos e funcionamento de bombas atômicas, utilização da energia nuclear.

Em Biologia poderiam ser tratados os tópicos sobre: aplicações diversas da tecnologia nuclear na medicina, na agricultura, uso de traçadores, efeitos indesejáveis das radiações sobre o ser humano e sobre o meio ambiente, raios-X.

Em Química poderiam ser tratados os tópicos sobre: átomos, reações nucleares, histórico da radioatividade, tipos de radiações e suas características, produção de isótopos, cinética da desintegração radioativa.

Em Geografia poderiam ser tratados os tópicos sobre: Fontes de energia (sol, combustão de material orgânico, fogo, carvão mineral, petróleo e seus derivados, energia nuclear), usinas para a geração de energia elétrica (hidrelétrica, termoelétrica e nuclear), planejamento energético no Brasil, aspectos econômicos da tecnologia nuclear.

Em História/OSPb poderiam ser tratados os tópicos sobre: crise energética e energia nuclear, aspectos políticos da tecnologia nuclear, diplomacia nuclear, clube atômico, tratado de não proliferação, indústria nuclear, política dos acordos nucleares brasileiros, programa paralelo.

5.3.2. Integração

Um outro caminho para a introdução da temática nuclear em sala de aula seria a forma integrada. Embora, os programas das disciplinas científicas tornem-se cada vez mais especializados, os movimentos atuais para a reforma do ensino em ciências tentam enfatizar a possibilidade da interdisciplinaridade entre as ciências naturais (26). O que a interdisciplinaridade critica é a compartimentalização das disciplinas enfatizando a total união entre as ciências naturais e suas tecnologias associadas. Apesar de usualmente o procedimento científico partir da fragmentação do objeto de estudo, na integração das ciências o conhecimento científico é tratado como uma unidade. Como diz Ziman (27), isto é claramente justificado do ponto de vista filosófico e é completamente percebido pela maneira como a ciência tem progredido no século XX.

Uma maneira de favorecer a integração do tema nuclear, em sala de aula, seria a criação de uma disciplina em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), onde o tema nuclear seria uma parte de um currículo mais amplo e relevante para o cidadão do século XX. Outros tópicos poderiam ser acrescentados como: Ecologia, informática, indústria gráfica, engenharia genética,

26. Hilton JAPIASSÚ, Interdisciplinaridade e patologia do saber, p. 39-77.

27. John ZIMAN, "It's not what you do: it's the way that you do it!". The rationale of STS education is in the approach. p. 4.

biotecnologia etc. Esta disciplina trataria dos progressos ocorridos com a ciência e a tecnologia do século XX e suas repercussões e implicações na sociedade. Existem pesquisas hoje voltadas para uma educação na perspectiva em CTS, existindo já pessoas e movimentos nesta direção no Brasil (28).

Para trabalhar o tema nuclear a ser introduzido na disciplina CTS seria necessário a formação de grupos de trabalho com a finalidade de desenvolver projetos, propostas e materiais didáticos nesta linha. Uma possibilidade para trabalhar com a integração seria não partir de um conceito físico mas sim de eventos polêmicos para chegar aos conceitos. Como exemplo têm-se os acidentes de Goiânia, Tchernobyl e a Usina Nuclear de Angra no Brasil, pois pelas entrevistas realizadas pode-se perceber que tais eventos chamaram mais a atenção da opinião pública. Dessa forma, eles seriam mais motivadores para uma abordagem em sala de aula. Além disto, os temas por eventos garantiriam a própria história, isto é, a população não perderia da memória os fatos realmente ocorridos.

Alguns autores já chamam a atenção para a utilização da integração nos conteúdos escolares, como é o caso de Delizoicov e Angotti (29). Eles trabalham com a integração temática fazendo uso de um conceito central como energia. Partindo de um único conceito, eles tentam reduzir a fragmentação dos conteúdos permitindo uma melhor ligação entre as partes (mecânica, óptica, eletricidade etc.) e o todo (Física). Apesar do objetivo dos trabalhos ser o mesmo - a integração de alguns conteúdos escolares -, existe uma diferença entre a proposta dos autores citados acima e a deste trabalho. Para eles a integração

28. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA O SÉCULO XXI. ACT - ALFABETIZAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brasília, 04-07 junho 1990.

29. Demétrio DELIZOICOV & José André ANGOTTI, *Física*, pp. 17-22.

é conseguida através de um conceito central, enquanto, neste trabalho tenta-se a integração através de eventos polêmicos.

Uma maneira de introduzir o tema nuclear, como já foi dito, seria partir de eventos polêmicos já ocorridos nesta área. Alguns exemplos de possíveis eventos seriam:

a) Acidente de Goiânia

Formas de radiação (α , β , γ e raios-X) - Radioatividade (aplicações pacíficas e bélicas) - Efeitos da radiação (contaminação e irradiação) - Segurança nuclear (aspectos sociais) e responsabilidade - Educação científica.

b) Acidente de Tchernobyl

História da energia nuclear - Reações químicas e reações nucleares - Fissão nuclear - Tipos de reatores nucleares (Reator de Angra - PWR) - Combustível nuclear (enriquecimento - tipos e porcentagens) - Segurança nuclear - Ecologia (rejeitos radioativos) - Controvérsias sobre utilização da energia nuclear (Subproduto para utilização militar) - Problemática no caso brasileiro (acordos).

c) Bomba brasileira

Energia nuclear no Brasil (aspectos básicos do programa nuclear brasileiro) - acordo Brasil/Alemanha - controvérsias do programa - programa autônomo - Implicações político-sociais - Reações nucleares - Fissão nuclear e reação em cadeia - Tipos de bombas (urânio, plutônio, hidrogênio e nêutrons) - Projeto Manhattan (Hiroshima e Nagasaki) - Conseqüências das explosões (efeitos) - Poluição radioativa - Tipos de radiações e suas características.

d) Usina de Angra

História da energia nuclear - energia nuclear no Brasil (histórico) - política energética - aspectos básicos do programa nuclear brasileiro - acordo Brasil/Alemanha - controvérsias do programa - Princípios de funcionamento de usinas nucleares (reação em cadeia) - Tipos de reatores nucleares (PWR) - Combustível nuclear e seu ciclo (mineração, enriquecimento, reprocessamento e tratamento de rejeitos) - lixo atômico - Radioatividade (aplicações pacíficas e bélicas) - Efeitos da radiação - segurança nuclear - acidentes nucleares.

É importante ressaltar ainda que os professores ao trabalharem estes assuntos em sala de aula, devem observar, inicialmente, quais são as concepções dos seus alunos sobre a temática nuclear (30). Entretanto, a dificuldade de se criar uma nova disciplina é bem conhecida. Assim, enquanto não houver a possibilidade da criação de uma disciplina em CTS, o caminho mais prático a seguir seria a integração dos professores das disciplinas Física, Química, Biologia, Geografia, História e OSPB para discutirem em momento oportuno, por exemplo, em um ou dois bimestres escolares do 2o. grau, assuntos polêmicos deste século.

Uma idéia para introduzir o assunto nuclear por eventos seria através de questões e/ou situações visando despertar o interesse dos alunos para discussão. O despertamento para estas discussões poderia vir através de textos. O debate posterior poderia ocorrer das seguintes formas: a) Criar a situação fictícia de que numa certa cidade será instalada uma usina nuclear. Os alunos fariam parte integrante da Câmara Legislativa desta cidade e teriam que opinar a favor ou contra sobre este

30. Cf. p. 148.

fato. Que decisões você tomaria? Em que se baseariam suas decisões?; b) Propor a realização de entrevistas com os alunos divididos em dois grupos: Um grupo deles constituindo uma mesa de entrevistados especializados no tema nuclear e um outro grupo sendo os entrevistadores. Quais as perguntas que você faria a estes especialistas?; c) Estabelecer uma situação onde haverá o julgamento dos implicados de um determinado acidente nuclear ou radioativo. Neste caso, um grupo de alunos representaria os advogados de defesa e o outro os de acusação. Como advogado de acusação quais seriam os argumentos que você empregaria para acusá-los? Como advogado de defesa como você os defenderia?; d) Apresentar uma situação onde numa determinada cidade existem alimentos contaminados por radiação. Dividir os alunos em grupos, representando cada grupo, as autoridades competentes (médicos, políticos, ecologistas, defesa civil, etc) e a decisão final será do prefeito da referida cidade. Você agora é o prefeito. Baseado nos argumentos das autoridades quais seriam os seus passos?; e) Supor uma situação da existência real no país de locais próprios com perfurações para explosões nucleares subterrâneas. Neste caso, um grupo de alunos representaria os integrantes de uma CPI nuclear e o outro grupo representaria os implicados diretamente nessas perfurações. Como integrante da CPI como você conduziria suas perguntas para esclarecer o fato? Como implicado que argumentos você usaria para se defender?

5.3.3. Algumas Dificuldades para Aplicação

A fragmentação é o caminho mais fácil de ser aceito para efeitos de implementação. Contudo, este caminho proporciona alguns inconvenientes. Um deles é a dificuldade de encadeamento dos tópicos nucleares a serem dados pelas

disciplinas. Nada garante que um determinado tópico da temática nuclear ao ser abordado por um professor de uma determinada disciplina esteja sendo abordado, ao mesmo tempo, por outro professor de outra disciplina. Outro inconveniente é a própria fragmentação do conhecimento, pois o assunto nuclear sendo um assunto tão rico, envolvendo tanto a parte científica como social, perderia as suas relações técnico-político-sociais.

Embora, na fragmentação possam surgir eventuais encadeamentos dos tópicos dados pelas diferentes disciplinas, é na integração que este encadeamento acontece de maneira global. Todavia, a forma integrada teria suas dificuldades. Pode-se citar algumas como: a) a falta de costume dos professores das disciplinas científicas de trabalharem as relações sociais e vice-versa; b) os professores não estão acostumados a trabalhar em equipes para fazer um trabalho mais integrado, e c) a escola não oferece a oportunidade para que ocorra a integração entre os professores.

5.4. Considerações Finais

Para os professores trabalharem os assuntos nucleares em sala de aula em uma abordagem integrada e até mesmo em uma abordagem fragmentada, eles precisam de um certo preparo. Pelas informações obtidas junto a muitos professores pode-se observar que o seu despreparo advém da sua própria formação acadêmica, da falta de material sobre o assunto nuclear para ser aplicado em sala de aula - apesar de alguns trabalhos a nível

nacional comecem a aparecer (31), (32) - e do assunto nuclear não estar incluído oficialmente no currículo.

Na abordagem fragmentada, apesar do despreparo dos professores, alguns tópicos nucleares podem ser tratados em sala de aula sem muitas dificuldades, porém de forma superficial. Isto porque, ao tratar destes assuntos devido ao seu despreparo, tais professores são levados a não trabalharem todas as relações possíveis e existentes. Conseqüentemente, haverá um esvaziamento do assunto.

Com relação a abordagem integrada para diminuir os problemas de implementação, os professores dos cursos de licenciatura nas disciplinas consideradas científicas deveriam introduzir em suas aulas o aspecto social relacionado a temática nuclear. Por seu lado, os professores das outras disciplinas dos cursos de licenciatura deveriam introduzir alguns dos aspectos técnicos relativos a temática nuclear. Com isso os futuros professores - do 2o. grau - começariam a perceber as relações existentes entre os problemas técnicos e sociais relativos a esta área. Para aqueles professores já atuando em sala de aula deveria ser criada uma política de acesso facilitado a cursos de reciclagem em assuntos nucleares.

Por outro lado, quando a temática nuclear passar a fazer parte do ensino formal, ocorrerão algumas modificações curriculares nas escolas brasileiras. As escolas e secretarias de educação devem ser flexíveis e estar atentas para permitir tais modificações, já que o objetivo maior do ensino é a formação integral do cidadão. Ou seja, formar um cidadão mais integrado capaz de debater os problemas da sociedade em que está in-

31. Susana de Souza BARROS, O acidente de Goiânia: subsídios para um módulo de ensino relacionado a ciência-tecnologia-sociedade (CTS), pp. 1-8.

32. Magale Elisa BRÜCKMANN, Atividades sugeridas sobre o assunto radioatividade para primeiro e segundo graus, pp. 1-9.

serido de maneira consciente, tendo assim condições de realizar seu exercício pleno de cidadania.

Apêndice A - ROTEIRO DE ENTREVISTA

Este roteiro de entrevista teve por objetivo coletar informações que os alunos do último ano do 2o. grau possuíam com relação aos conceitos nucleares básicos. Neste roteiro os conceitos nucleares, a serem resgatados, estavam distribuídos em seis focos de interesse. Para cada foco as perguntas formuladas foram do tipo aberta. Este tipo de pergunta possibilitou ao aluno discorrer livremente sobre o tema proposto baseando-se em suas próprias informações.

Os focos de interesse do roteiro elaborado foram: 1o.) acidente em Goiânia; 2o.) acidente em Tchernobyl; 3o.) usinas para a geração de energia elétrica; 4o.) artefatos bélicos; 5o.) aplicações pacíficas da tecnologia nuclear; 6o.) o Brasil e a tecnologia nuclear.

1o. Foco: Acidente em Goiânia

Há um ano atrás aconteceu, em Goiânia, um acidente de grandes proporções.

1. Você ouviu falar alguma coisa sobre esse acidente?

Lembrete: a) Foi um acidente onde dois catadores de papel acharam num terreno abandonado, uma caixa de chumbo, que depois de aberta continha um pó azul que brilhava no escuro.

b) Foi um acidente, em que foi quebrada a marretada uma cápsula de césio, que provocou mortes.

2. Como você ficou sabendo desse acidente?

Lembrete: a) Em jornais escritos? Revistas? Na televisão? No rádio? Em conversa com amigos?

3. Esse acidente foi discutido, pelo professor, em sala de aula? Em que disciplinas?

4. Você poderia dizer o que aconteceu nesse acidente?

Lembretes: a) Como foi achada a cápsula com o material?
 b) A cápsula poderia ter explodido? Por quê?
 c) Como as pessoas foram contaminadas?
 d) Esse acidente ocasionou mortes? Quantas? Por quê?
 e) Como as pessoas foram enterradas? Por quê?
 f) Quais as conseqüências desse acidente para a cidade de Goiânia?

5. Na sua opinião, esse acidente poderia ter sido evitado? De que maneira?

6. Na sua opinião, houve algum culpado por esse acidente? Quem?

2o. Foro: Acidente em Tchernobyl

Há aproximadamente dois anos atrás, ocorreu na Rússia, em Tchernobyl, um acidente.

1. Você ouviu falar alguma coisa sobre esse acidente?

Lembrete: a) Foi um acidente que envolveu um dos reatores da usina nuclear de Tchernobyl.

2. Como você ficou sabendo desse acidente?

Lembrete: a) Em jornais escritos? Revistas? Na televisão? No rádio? Em conversa com amigos?

3. Esse acidente foi discutido, pelo professor, em sala de aula? Em que disciplinas?

4. Você poderia dizer o que aconteceu nesse acidente?

Lembretes: a) Houve incêndio? Em que parte da usina?
 b) Houve vazamento de material?
 c) Esse acidente ocasionou mortes? Quantas? Por quê?
 d) Como se espalhou a radiação desse acidente?
 e) Que conseqüências teve a liberação dessa radiação para os países da Europa?

5. Na sua opinião, houve algum culpado por esse acidente? Quem?

3o. Foco: Usinas para a Geração de Energia Elétrica

Todos nós estamos familiarizados com a energia elétrica, pois a usamos constantemente em nossas casas.

1. Você ouviu falar na hidrelétrica de Itaipú?

Lembretes: a) Você sabe de alguma usina hidrelétrica que o Brasil possui? Qual? Aonde?

2. Você pode descrever, de maneira geral, como uma usina hidrelétrica fornece energia elétrica?

Lembretes: a) Como você acha que a água pode gerar energia elétrica?

b) Por que é feito o represamento da água?

c) Como você acha que o movimento da água pode gerar energia elétrica?

3. Você ouviu falar na usina termelétrica de Jorge Lacerda em Tubarão (SC)?

Lembretes: a) Você sabe de alguma usina termelétrica que o Brasil possui? Qual? Aonde?

4. Você pode descrever, de maneira geral, como uma usina termelétrica fornece energia elétrica?

Lembretes: a) Qual o combustível utilizado?

b) Como esse combustível pode gerar energia elétrica?

5. Na sua opinião para que serve uma usina nuclear?

Lembretes: a) O que ela produz?

6. Uma usina nuclear pode produzir energia elétrica? De que maneira, uma usina nuclear, pode produzir energia elétrica?

Lembretes: a) Qual o combustível utilizado?

b) Como esse combustível pode gerar energia elétrica?

c) Qual é a função do reator dentro de uma usina nuclear?

7. Que países no mundo utilizam energia nuclear?
8. O Brasil tem alguma usina nuclear? Quantas? Aonde? Essas usinas estão construídas? Estão funcionando?
9. Você acha que o Brasil precisa ter usinas nucleares? Por quê?
10. As usinas nucleares podem trazer riscos para a população que mora perto delas? Que tipo de riscos?

Lembretes: a) Você acha possível uma usina nuclear explodir como uma bomba?

11. O acidente nuclear ocorrido em Tchernobyl pode ocorrer na usina nuclear do Brasil?

Lembretes: a) Essas usinas se parecem?

40. Foco: Artefatos Bélicos

1. Que países possuem a bomba atômica?
2. Você ouviu falar em testes com bombas atômicas?

Lembretes: a) Ouviu falar em explosões subterrâneas para testar o poder das bombas?

b) Em que locais são realizados estes testes?

3. Você conhece algum caso de bomba atômica que tenha explodido em alguma cidade do mundo? Em que país? Quando?

Lembretes: a) Ouviu falar na explosão de bombas atômicas, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, na II Guerra

Mundial?

4. Você acha que o Brasil possui a bomba atômica? Por quê?
5. O Brasil precisa ter bombas atômicas? Por quê?
6. Na sua opinião, como funciona uma bomba atômica?

Lembretes: a) O que faz ela explodir?

5o. Foco: Aplicações Pacíficas da Tecnologia Nuclear

1. Pode-se usar a energia nuclear para benefício da humanidade?
Em que atividades?

Lembretes: a) Pode-se fazer outras utilizações nucleares sem ser a bomba atômica? Em que atividades?

2. Você acha possível o uso da tecnologia nuclear na medicina?
De que maneira?

Lembretes: a) Você conhece alguma aplicação da tecnologia nuclear na medicina?

3. Há outras aplicações da tecnologia nuclear, sem ser na medicina, que você conhece? Quais?

4. Na sua opinião, qual o benefício que pode trazer uma usina nuclear para a humanidade? Por quê?

6o. Foco: O Brasil e a Tecnologia Nuclear

1. Você acha que o Brasil está preparado para lidar com a tecnologia nuclear e suas implicações? Por quê?

Lembretes: a) Problemas de radiação?

b) Lixo atômico?

c) Construção de usinas?

2. Você acha que a população brasileira precisa conhecer os princípios básicos a respeito da tecnologia nuclear? Por quê?
3. Os assuntos, aqui tratados, são discutidos em sala de aula?
4. Esses assuntos deveriam ser discutidos em sala de aula? Por quê? Em que disciplinas?

Apêndice B - GLOSSÁRIO DE TERMOS NUCLEARES

Este glossário tem por objetivo proporcionar o entendimento dos termos técnicos nucleares contidos neste trabalho. As definições, aqui fornecidas, são sucintas e podem, algumas vezes, não traduzir as definições estabelecidas em outros trabalhos técnicos da área nuclear (1),(2).

ABSORVEDOR

Qualquer material que absorva total ou parcialmente a intensidade de radiação incidente.

ALVO

Material submetido ao bombardeamento de partículas ou à irradiação.

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO

Método de análise para identificar e determinar a quantidade de elementos químicos numa amostra de material.

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO DE NÊUTRONS

Análise por ativação na qual os nêutrons que bombardeiam a amostra são os agentes ativadores.

1. GLOSSÁRIO NUCLEAR, p. 1-100.

2. Aristides PINTO COELHO, O que você deve saber sobre a energia nuclear, p. 29-32.

ARMA NUCLEAR

Termo genérico para bombas atômicas e bombas de hidrogênio, ou qualquer armamento baseado num explosivo nuclear (artefato nuclear).

ARTEFATO NUCLEAR

Explosivo nuclear utilizado com fins pacíficos em testes ou experimentos. O termo é usado para diferenciar estes explosivos das armas nucleares.

ATOMO

Menor partícula da matéria, que pode entrar em combinação. De acordo com a teoria atômica moderna, um átomo contém um núcleo composto de prótons e nêutrons e uma região externa constituída por elétrons que giram em torno do núcleo. Os átomos são eletricamente neutros.

BARRA DE CONTROLE

Material especial usado para controlar a potência de um reator nuclear. As barras de controle quando em funcionamento absorvem os nêutrons em excesso evitando que esses nêutrons causem novas fissões.

BARRAS DE SEGURANÇA

Barras de controle de reserva utilizadas para desligar um reator nuclear em caso de emergência.

BLINDAGEM

Parede ou escudo de proteção, feita de material denso (chumbo ou concreto) que impede a passagem da radiação liberada pelos materiais radioativos.

BOMBA ATÔMICA (Bomba A) ou BOMBA DE FISSÃO

Armamento nuclear cuja energia provém da fissão de elementos pesados como urânio ou plutônio.

BOMBA DE COBALTO

Aparelho contendo cobalto-60 e destinado ao tratamento do câncer. O termo mais indicado, neste caso, seria fonte de cobalto.

BOMBA DE HIDROGÊNIO (Bomba H), BOMBA DE FUSÃO ou BOMBA TERMONUCLEAR

Armamento nuclear cuja energia provém principalmente da fusão nuclear.

BOMBARDEAMENTO

Ato ou efeito de atingir um alvo por um fluxo de partículas ou de fótons.

CAPTURA

Reação nuclear em que um nêutron desaparece absorvido por um núcleo, sem liberação de energia.

CERNE

Porção central e ativa do reator, onde se processam as fissões nucleares. Também chamado núcleo do reator

CICLO DO COMBUSTÍVEL

Série de processos envolvidos no preparo e recuperação do combustível para reatores nucleares de potência. Inclui: a) mineração; b) tratamento e concentração do minério; c) refino; d) enriquecimento; e) fabricação dos elementos combustíveis; f) seu uso num reator; g) armazenagem e transporte do combustível irradiado; h) reprocessamento do material fissionável ainda existente no combustível usado, e, i) lixo atômico.

COMBUSTÍVEL NUCLEAR

Material fissil utilizado num reator nuclear para a produção de energia.

CONDENSADOR

Dispositivo em uma usina nuclear cuja finalidade é esfriar e condensar o vapor depois que este acionou a turbina.

CONTAMINAÇÃO RADIOATIVA

Deposição ou presença de material radioativo em lugares onde possa prejudicar pessoas ou provocar perturbações em equipamentos técnicos.

CRITICALIDADE

Estado de um reator nuclear em que é mantida uma reação em cadeia.

DECAIMENTO RADIOATIVO

Transformação espontânea de um átomo radioativo em outro diferente ou num estado de energia diferente do mesmo átomo, tendendo para um estado mais estável. É ainda chamado de desintegração radioativa.

DESCONTAMINAÇÃO

Remoção de material radioativo indesejável.

DESINTEGRAÇÃO NUCLEAR

Transformação do núcleo atômico em espécie nuclear diferente.

DEUTERIO

(Símbolo H_2 ou D). Um isótopo do hidrogênio cujo núcleo contém um nêutron e um próton. Também é conhecido como hidrogênio pesado.

DIFUSÃO GASOSA

Método de enriquecimento do urânio. O gás hexafluoreto de urânio é bombeado através de membranas porosas. O isótopo de urânio mais leve ($U-235$) passará pela membrana com velocidade diferente daquela do isótopo mais pesado ($U-238$).

ELEMENTO

Uma das 103 substâncias químicas conhecidas que não podem ser divididas em substâncias mais simples por processos químicos.

ELEMENTO COMBUSTÍVEL

Conjunto de varetas ou placas metálicas contendo internamente material físsil e/ou fértil. O cerne do reator é formado por um grupo de elementos combustíveis.

ELÉTRON

Partícula com 1 (uma) unidade negativa de carga elétrica e massa igual a $1/1837$ da do próton. Os elétrons de um átomo circundam a carga positiva do núcleo e determinam suas propriedades químicas.

ENERGIA

Capacidade de produzir trabalho.

ENERGIA NUCLEAR

Energia obtida a partir de uma reação nuclear (fissão ou fusão) ou por decaimento radioativo.

ENRIQUECIMENTO (ou Enriquecimento Isotópico)

Processo no qual a concentração de um determinado isótopo de um dado elemento é alterada, produzindo o mesmo elemento enriquecido num determinado isótopo e empobrecido em outro ou outros. No caso do enriquecimento do urânio há um aumento da

proporção do isótopo mais leve e radioativo do urânio natural, U-235 e, diminuição da proporção do isótopo mais pesado, não radioativo, U-238.

EQUAÇÃO DE EINSTEIN

Equação desenvolvida por Albert Einstein (1879-1955) relacionando a massa com a energia. A equação, usualmente enunciada como: $E = mc^2$, onde: E = energia; m = massa e, c = velocidade da luz no vácuo; mostra que, quando há o desaparecimento de uma quantidade, embora pequena, de massa há a liberação de grandes quantidades de energia.

ESTERILIZAÇÃO POR RADIAÇÃO

Uso da radiação para tornar estéril uma planta ou animal e, para matar vírus e/ou bactérias em alimentos ou equipamentos cirúrgicos.

FISSÃO

Divisão de um núcleo pesado, por um nêutron, em duas partes aproximadamente iguais acompanhada da liberação de energia e dois ou três nêutrons.

FISSIL

Núcleo que se biparte após a captura de nêutrons.

FONTE DE RADIAÇÃO

Fonte selada de radioatividade.

FOTON

Partícula associada ao campo eletromagnético. Os fótons não têm massa nem carga elétrica.

FUSÃO

Formação de um núcleo mais pesado a partir da união de dois núcleos mais leves com liberação de energia.

GERADOR DE VAPOR

Dispositivo em uma usina nuclear onde é produzido o vapor que movimentará a turbina.

GRAFITA (ou grafite)

Forma química do elemento carbono. É usada no reator nuclear como moderador de nêutrons.

HEXAFLUORETO DE URÂNIO

(Símbolo UF_6). Composto volátil de urânio e flúor.

HIDROGÊNIO

(Símbolo H). O elemento mais leve da tabela periódica.

INDICADOR (TRACADOR OU MARCADOR)

Pequena quantidade de um isótopo radioativo utilizado para revelar, pelas radiações que emite, as transformações físicas ou químicas de certos elementos.

IRRADIAÇÃO

Ato de expor materiais a radiações.

ISÓTOPO

Átomos de um mesmo elemento químico mas possuindo massas diferentes. Contém o mesmo número de prótons em seu núcleo, diferindo contudo no número de nêutrons.

JATOS CENTRÍFUGOS (jet-nozzle)

Método de enriquecimento do urânio. O gás hexafluoreto de urânio é injetado sob alta pressão nas unidades de jato centrífugo constituídas por lâminas paralelas. O elemento mais leve (U-235) passa de um lado das lâminas enquanto o mais pesado (U-238) passa do outro.

LIXO ATÔMICO (REJEITOS)

Conjunto de produtos formados a partir da desintegração do combustível de um reator nuclear. O termo também é usado para designar todos os resíduos radioativos indesejáveis.

LUMINESCÊNCIA

Emissão de luz produzida por uma substância sofrendo a ação de qualquer processo que não seja o aquecimento.

MASSA

Quantidade de matéria de um corpo.

MASSA CRÍTICA

Quantidade mínima de material físsil capaz de manter uma reação em cadeia.

MASSA SUBCRÍTICA

Massa de combustível inferior à massa crítica.

MATÉRIA

Substância que forma um corpo.

MATERIAL FÉRTIL

Material que pode ser transformado em material físsil pela captura de um nêutron. Existem, basicamente, dois materiais férteis: o U-238 e o Th-232.

MATERIAL FÍSSIL

Material que após a captura de um nêutron se parte (fissão), com a liberação de grandes quantidades de energia. Os materiais físsis mais utilizados são U-235, Pu-239 e U-233.

MODERADOR

Material leve usado nos reatores nucleares para freiar os nêutrons liberados na fissão, aumentando a probabilidade destes nêutrons provocarem novas fissões.

MUTACÃO

Mudança permanente devida a alguma alteração na constituição hereditária.

Mw(th) - MEGAWATT TÉRMICO

Energia térmica em megawatts (milhões de watts) produzida em um reator nuclear.

NÊUTRONS

Um dos dois componentes do núcleo. Possuem quase a mesma massa do próton, contudo, não possuem carga elétrica.

NÚCLEO (do átomo)

A parte central de um átomo. É constituído por nêutrons e prótons (exceto o núcleo do hidrogênio leve, que contém um único próton). O núcleo atômico possui carga elétrica positiva.

NÚMERO ATÔMICO

Número de prótons encontrado no núcleo do átomo.

NUVEM RADIOATIVA

Massa de ar e vapor na atmosfera carregando restos radioativos de uma explosão nuclear.

PILHA NUCLEAR

Nome dado inicialmente ao reator nuclear. Esta denominação surgiu pelo fato de que o primeiro reator foi construído empilhando blocos de grafita e urânio natural.

PLUTÔNIO

Elemento radioativo produzido nos reatores nucleares. Seu isótopo mais importante é o Pu-239. É utilizado como combustível no reator nuclear e na fabricação de bombas.

PROLIFERAÇÃO HORIZONTAL

Aumento do número de países com armas nucleares.

PROLIFERAÇÃO VERTICAL

Aumento do número de bombas em poder das potências nucleares.

PRÓTON

Partícula com 1 (uma) unidade de carga positiva e massa aproximadamente 1837 vezes a do elétron.

PWR

(Pressurized Water Reactor) - Reator a Água Pressurizada. Reator nuclear de potência onde o calor, produzido pelas fissões nucleares, é transferido do cerne para um gerador de vapor, por meio de água que é mantida sob alta pressão para alcançar altas temperaturas e não entrar em ebulição no circuito primário. O vapor é produzido no gerador de vapor do circuito secundário.

RADIAÇÃO

Emissão e propagação de energia através da matéria ou do espaço, sob a forma de ondas eletromagnéticas ou sob a forma de partículas.

RADIAÇÃO GAMA

Radiação eletromagnética com alta energia e pequeno comprimento de onda. Os raios gama são emitidos por quase todos os núcleos radioativos. São muito penetrantes, podendo ser blindados por materiais densos como o chumbo ou cimento.

RADIAÇÃO NUCLEAR

Radiação emitida por átomos instáveis nas várias reações nucleares.

RADIOATIVIDADE

Decaimento espontâneo ou desintegração de um núcleo atômico instável, geralmente acompanhado pela emissão de radiação.

RADIOISÓTOPO

Isótopo radioativo de um elemento que decai ou se desintegra espontaneamente, emitindo radiação. O termo mais específico é radionuclídeo.

RADIOTERAPIA

Terapia por radiações.

REAÇÃO NUCLEAR

Reação obtida do choque entre dois núcleos de átomos ou entre partículas e núcleos de átomos.

REAÇÃO NUCLEAR DE FISSÃO

Reação que consiste, em geral, na captura de um nêutron por um átomo pesado com conseqüente desdobramento deste em dois átomos menores, nêutrons, radiação gama e energia térmica.

REAÇÃO NUCLEAR DE FISSÃO EM CADEIA

Reação auto-sustentada em que o núcleo, fissionado pela captura de um nêutron, libera nêutrons adicionais, que vão atingir outros núcleos, promovendo novas fissões.

REAÇÃO TERMONUCLEAR (REAÇÃO NUCLEAR DE FUSÃO)

Reação nuclear de fusão, isto é, reação onde temperaturas altíssimas provocam a fusão de dois núcleos leves para formar um núcleo de um átomo mais pesado.

REATOR DE PESQUISA

Reator nuclear projetado para fornecer nêutrons ou radiação para fins experimentais.

REATOR DE POTÊNCIA

Reator nuclear projetado para produzir energia elétrica.

REATOR NUCLEAR

Dispositivo em que é produzida, de forma controlada, uma reação nuclear em cadeia. Seu componente essencial é o cerne contendo combustível físsil. Ele é constituído usualmente por um moderador, um refletor, blindagem, refrigerante e mecanismos de controle.

REFLETOR

Material que age como se fosse espelho. Tem como objetivo devolver ao combustível muitos dos nêutrons que tendem a escapar.

REFRIGERANTE

Líquido ou gás que circula através de um reator nuclear retirando calor ao se aquecer.

REPROCESSAMENTO DO COMBUSTÍVEL

Processamento do combustível nuclear usado (irradiado) para recuperar o material físsil não utilizado.

SALVAGUARDAS

Conjunto de medidas com a finalidade de proteger e controlar o material físsil para que este não seja desviado dos fins permitidos em lei ou em tratado.

TABELA PERIÓDICA

Tabela abrangendo todos os elementos químicos, arranjados na ordem crescente de seus números atômicos e agrupados em "períodos" pelas características físicas e químicas similares.

TECNOLOGIA NUCLEAR

Ciência que trata da técnica nuclear, isto é de sua aplicação.

TÓRIO

(Símbolo Th). Um dos elementos radioativos naturais. Seu isótopo Th-232 é abundante e pode ser transformado em material físsil.

TRANSMUTAÇÃO

Transformação de um átomo radioativo em um novo átomo pela sua desintegração.

TRANSURÂNICO

Qualquer elemento com número atômico superior ao do urânio.

TRÍTIO

Isótopo radioativo, artificial, do hidrogênio com 2 nêutrons e um próton no núcleo.

TURBINA

Máquina que, em uma usina nuclear, transforma a energia do vapor em movimento em trabalho mecânico.

ULTRACENTRIFUGAÇÃO

Método de enriquecimento do urânio. O gás hexafluoreto de urânio é colocado dentro de uma centrífuga cuja parede gira a altas velocidades. Pela ação da força centrífuga o U-238, mais pesado, é lançado para a parede da centrífuga enquanto o U-235, mais leve, fica na parte central saindo para alimentar a centrífuga seguinte.

URÂNIO

(Símbolo U). Metal pesado, radioativo que possui dois isótopos, U235 (0,7% do urânio natural) que é físsil e U238 (99,3% do urânio natural) que é fértil. Esses isótopos diferem em seu comportamento nuclear: o primeiro fissiona-se facilmente com nêutrons lentos enquanto o segundo somente com nêutrons rápidos.

USINA NUCLEAR

Conjunto de máquinas e dispositivos para converter a energia nuclear em energia elétrica. Numa usina nuclear o calor produzido no cerne do reator é utilizado para gerar vapor que movimenta uma turbina, e esta, por sua vez, um gerador elétrico.

VASO DE PRESSÃO (do reator)

Dispositivo, com paredes espessas, utilizado na maioria dos reatores nucleares e, contendo o cerne do reator, moderador, refletor, blindagem e barras de controle.

B I B L I O G R A F I A

- A luta política contra o acordo nuclear. BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 2, 1985. pp. 11-13.
- A sucata exposta. Veja, São Paulo, no. 36, 07/09/1988, pp. 110-111.
- Abertura Latina: Acordo encerra corrida entre Brasil e Argentina. Isto É, no. 1107, pp. 32-33.
- ALMEIDA JÚNIOR, João Baptista. A evolução do ensino de física no Brasil. Rev. Ens. Física, 1 (2) : 45-58, out. 1979.
- ALVARENGA, Beatriz & MÁXIMO, Antônio. Física. 2. ed. São Paulo, Harbra, 1987. 3v.
- AMABIS, José Mariano et alii. Biologia. São Paulo, Moderna, 1979. 3v.
- ANDER-EGG, Ezequiel. Introducción a las técnicas de investigación social. 7. ed. Buenos Aires, Humanitas, 1978.
- AZEVEDO, Fernando de. A cultura brasileira. São Paulo, Melhoramentos, 1963.
- BARROS, Susana de Souza. The Goiania radioactive accident : accident or incident? subsidies for a science-technology-society module. In: International Conference on Energy Alternatives Risk Education, Ballaton, Hungary, september 7-13, 1989. pp. 1-15. Mimeografado.
- ; O acidente de Goiânia: subsídios para um módulo de ensino relacionado a ciência-tecnologia-sociedade (CTS). Instituto de Física, UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 1-8. Mimeografado.

- BERNAL, John Desmond. The social function of science. London, Routledge, 1939.
- BONFIM, Octávio. Desnuclearização. Correio Brasiliense, Brasília, 30/09/1990, Caderno Internacional, p. 24.
- ; Collor e Menem eliminam testes atômicos. Correio Brasiliense, Brasília, 25/11/1990.
- BONJORNO, Regina F. S. Azenha et alii. Física. São Paulo, FTD, 1985, 3v.
- BRÜCKMANN, Magale Elisa & FRIES, Suzana Gomes. Radioatividade. Instituto de Física, UFRGS, Campus do Vale, Porto Alegre, pp. 1-27. Mimeografado.
- ; Atividades sugeridas sobre o assunto radioatividade para primeiro e segundo graus, Instituto de Física, UFRGS, Campus do Vale, Porto Alegre, pp. 1-9. Mimeografado.
- CABRAL, Antônio. A terceira guerra mundial. Coleção Guerra e Paz, no. 7. São Paulo, Moderna, 1987.
- CIÊNCIA HOJE. Autos de Goiânia. Rio de Janeiro, v. 7, no. 40, mar. 1988. Suplemento.
- COLIN, Norman. Chernobyl: errors and design flaws. Science, 233 (4768) : 1029-1031, set. 1986.
- CONFORTO, Anna Maria. The nuclear issue and the school, Phys. Educ., 24 (2) : 83-87, mar. 1989.
- CORLISS, William R. Analysis por activacion con neutrones. Tennessee, USAEC, 1963. 32p.

- CRAVEN, Jackson. Nuestro mundo atomico: La historia de la energia atomica. Tennessee, USAEC, 1969. 38p.
- CRUZ, Frederico F. de Souza. Radioatividade e o acidente de Goiânia. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4 (3): 164-169, dez. 1987.
- D'AVILA, José Luis Piôttto. A crítica da escola capitalista em debate. Petrópolis, Vozes & Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação do Noroeste do Estado (Ijuí, RS), 1985. 118p.
- DELIZOICOV, Demétrio & ANGOTTI, José André. Física. São Paulo, Cortez, 1991. (Coleção Magistério. 2o. grau. Série formação geral).
- Diante da morte e perplexos. Isto É, São Paulo, no. 564, 14/10/1987, pp. 14-21.
- DISS (Discussão das Pesquisas da Ciência na Escola). Discussing nuclear power. Phys. Educ., 24 (6) : 344-347, nov. 1989.
- DRIVER, Rosalind. The pupil as a scientist? The Open University Press, Milton Keynes, England, 1983.
- ERICKSON, Gaalen. Children's conceptions of heat and temperature. Sci. Educ., 60 : 221-230, 1976.
- FANTINI, Flaminio & COSTA, Raymundo. A epopéia do urânio. Isto É, São Paulo, no. 590, 13/04/1988, pp. 46-54.
- FELTRE, Ricardo. Química. 3. ed., v. 2. São Paulo, Moderna, 1988.
- FRANKENSTEIN, Marilyn. Educação matemática crítica: uma aplicação da epistemologia de Paulo-Freire. In: BICUDO, Maria

- Aparecida Viggiani (org.). Educação Matemática. São Paulo, Moraes, s.d., pp. 101-137.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1975.
- FROTA-PESSOA, Oswaldo. Como ensinar na era da contestação. Ciência e Cultura, 37 (2) : 1125-1137, julho 1985.
- FULLGRAF, Frederico. A bomba pacífica: O Brasil e a corrida nuclear. São Paulo, Brasiliense, 1988. 248p.
- GABEIRA, Fernando. Goiânia, Rua 57: O nuclear na terra do sol. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara, 1987.
- GALLO NETTO, Carmo. Química. v. 2, São Paulo, Scipione, 1986.
- GLOSSARIO NUCLEAR. Rio de Janeiro, FURNAS/CNEN, 1972. pp. 1-100 (Conheça a energia nuclear - v. 4).
- GOLDEMBERG, José. O futuro da energia nuclear. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, 7 (42) : 34-42, maio 1988.
- ; O que é energia nuclear. São Paulo, Abril Cultural & Brasiliense, 1985. 67p, (Coleção Primeiros Passos no. 43).
- ; Energia nuclear: vale a pena? O Universo da Ciência. São Paulo, Scipione, 1988. 48p.
- GOOD, Carter. Essentials of educational research: methodology and design, pp. 252-254.
- GROSS, Bernhard. Tchernobyl um ano depois: O que houve afinal? Ciência Hoje, Rio de Janeiro, 6 (32) : 28-35, jun. 1987.
- GOWDAK, Demétrio. Biologia. São Paulo, FTD, s.d. 3v.

Haidar, Maria de Lourdes Mariotto. A instrução popular no Brasil antes da república. In: BREJON, Moysés (org.). Estrutura e funcionamento do ensino de 1o. e 2o. graus. 17. ed. rev. e ampl. São Paulo, Pioneira, 1984. pp. 39-56.

Hennig, Georg J. Metodologia do ensino de ciências. Porto Alegre, Mercado Aberto, 1986.

HISTÓRIA DO PENSAMENTO. v. I. São Paulo, Nova Cultural, 1987. pp. 41-42.

Hughes, Donald J. Da energia nuclear: Possibilidades de seus usos em tempos de paz. São Paulo, Ed. Clássico-Científica, 1959. 256p.

INSTITUTO GALLUP DE OPINIÃO PÚBLICA. O que o brasileiro pensa da ciência e tecnologia? Museu de Astronomia e Ciências Afins. Rio de Janeiro, MAST, 1987. 96p.

Japiassú, Hilton. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro, Imago, 1976.

Julio, Ricardo. Aeronáutica tem reator que libera plutônio. Folha de São Paulo, 23/09/1990, Política. p. A-12.

Krasilchik, Myriam. Inovação no ensino de ciências. In: Garcia, Walter E. (org.). Inovação educacional no Brasil: Problemas e perspectivas. São Paulo, Cortez & Autores Associados, 1980, pp. 164-180.

-----; Comunicação Oral. IX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Carlos, 21-25 janeiro 1991.

-----; Ensinando ciências para assumir responsabilidades sociais. Rev. Ens. Ciên., 14 : 8-10, set. 1985.

- LEMBD, Antônio & SARDELLA, Antônio. Química. v. 3. São Paulo, Atica, 1987.
- LIBANELO, José C. Democratização da escola pública : a pedagogia crítico-social dos conteúdos. 4. ed., São Paulo, Loyola, 1986.
- LICINIO, Walter. Geografia geral e do Brasil. v. II. Belo Horizonte, Lê, 1982.
- LIDADOR (ed.) Energia nuclear: Sua aplicação na indústria. Rio de Janeiro, 1975. 105p.
- LOPES, Roberto. Marinha quer iniciar submarino nuclear até 92. Folha de São Paulo, 23/09/1990, Política. p. A-10.
- MARCONI, Marina & LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de Pesquisa. São Paulo, Atlas, 1982.
- MARSHALL, Eliot. Juarez: an unprecedented radiation accident. Science, 223 : 1152-1154, 16 mar. 1984.
- MARIANI, M. C. A evolução das concepções espontâneas sobre colisões. Tese de Mestrado. Cursos de Pós-Graduação em Física/Educação da USP. São Paulo, 1987.
- MARZO, Marco Antonio S. Curso introdução a energia nuclear: Histórico do desenvolvimento da energia nuclear no Brasil. Rio de Janeiro, CNEN. s/d. 36 p. Mimeografado.
- MENESES, Luiz Carlos de. O programa nuclear: A comissão e o presidente. In: BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 3, 1986. pp. 32-33.

- MORAES, Roque. Uma análise crítica do ensino de ciências proposto pelo PROCIRS. Bol. Téc. PROCIRS, Porto Alegre 1 (3): 15-19, jul/set 1985.
- NAKATA, Hirome & COELHO, Marcos de Amorim. Geografia Geral. Série Sinopse. 2. ed. rev. e ampl., São Paulo, Moderna, 1986. pp. 222-226.
- NUSSBAUM, J. e NOVAK, J. An assessment of children's concepts of the Earth utilising structured interviews, Sci. Educ., 60 : 535-550.
- O programa nuclear brasileiro: Um balanço. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, 5 (26) : 82-84, set/out. 1986.
- OKUNO, Emico et alii. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo, Harbra & Row do Brasil, 1982.
- OLDENBERG, Otto & HOLLADAY, Wendell G. Introdução à física atômica e nuclear. São Paulo, Ed. Edgard Blöcher/EDUSP, 1971. 371p.
- PACCA, Jesuina L. et alii. Conceitos intuitivos e conteúdos formais de Física: considerações. Publicações IFUSP, P-390, São Paulo, mar. 1983.
- PARADA, Antônio Augusto & CHIQUETTO, Marcos José. Física. São Paulo, Scipione, 1985. 3v.
- PERNAMBUCO, Marta M. C. A. & SILVA, Fernando W. Vargas da. Uma retomada histórica do ensino de ciências. VI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Atas, Niterói, Rio de Janeiro, 1985. pp. 116-125.
- PIAGET, Jean. The child's conception of the word, Harcourt Brace, 1929.

PIAGET, Jean. The child's conception of physical causality, Harcourt Brace, 1930.

PINGUELLI ROSA, Luiz. Panorama e perspectivas da energia nuclear. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ENERGIA. Rio de Janeiro. 1977. pp. 24-49.

PINGUELLI ROSA, Luiz et alii. Análise da compatibilidade da perfuração de 320 metros de profundidade na Serra do Cachimbo com as perfurações para explosões nucleares subterrâneas realizadas no Nevada Test Site. In: BOLETIM INFORMATIVO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, no. 3, pp. 17-19.

PINTO COELHO, Aristides. O que você deve saber sobre a energia nuclear. Rio de Janeiro, Ed. Graphos, 1977. 32p.

PLON (Projeto de Desenvolvimento do Currículo de Física na Holanda). Ionizing radiation. Utrecht. Holanda, 1984. 74p.

PORTELA, Fernando & LICHTENTHALER FILHO, Rubens. Energia Nuclear. Série Viagem pela Geografia. São Paulo, Ática, 1988. 36p.

Primeiro, garantir a vida. Interior, Brasília, no. 66, abril 1987. pp. 38-40.

Programa Nacional de Energia Nuclear. Diário Catarinense, Florianópolis. 04/09/1988, p. 15.

PROJETO CNEN VAI AS ESCOLAS. Curso de introdução à energia nuclear. Brasília, 1989. Mimeografado.

Projeto do Exército já gastou US\$ 49 milhões. Folha de São Paulo, 23/09/1990, Política, p. A-9.

- RAMALHO JÚNIOR, Francisco et alii. Ds fundamentos da física. 3. ed., São Paulo, Moderna, 1985. 3v.
- RIBEIRO, Maria Luisa Santos. A formação política do professor de 1o. e 2o. graus. São Paulo, Cortez & Autores Associados, 1984. 280p.
- RICHARDSON, Roberto Jarry et alii. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo, Atlas, 1985.
- ROBERTS, Leslie. Radiation accident grips Goiania. Science, 238 (4830) : 1028-1031, 20 nov. 1987.
- RODRIGUES, Neidson. Por uma nova escola: o transitório e o permanente na educação. 6. ed., São Paulo, Cortez & Autores Associados, 1987.
- RUBBIA, Carlo. O dilema nuclear. Ciência Aberta. São Paulo, Martins Fontes, 1988. 146p.
- RUMMEL, J. Francis. Introdução aos procedimentos de pesquisa em educação. Porto Alegre, Globo, 1972.
- SAVIANI, Dermeval. A pedagogia histórico-crítica no quadro das tendências da educação brasileira. Revista da ANDE, São Paulo, 11: 15-23, 1986.
- . Escola e democracia. 15. ed., São Paulo, Cortez & Autores Associados, 1987. (Coleção Polêmicas do Nosso Tempo).
- Secretaria da Educação. Cadastro das unidades escolares: 1a. UCRE., Florianópolis, SC, 1987.
- SEGRÈ, Emilio. Dos raios X aos quarks: físicos modernos e suas descobertas. Brasília, Ed. Universidade de Brasília, 1987. 345p.

- SELLTIZ, Claire. et alii. Métodos de pesquisa nas relações sociais. 4. ed., São Paulo, EPU, 1974.
- SILVA, Eumano. CPI retomará depoimentos. Folha de São Paulo, 23/09/1990, Política, p. A-10.
- SILVA JÚNIOR, Cesar & SASSON, Sezar. Biologia. São Paulo, Atual, 1984. 3v.
- SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA O SÉCULO XXI. ACT - ALFABETIZAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brasília, 04-07 junho 1990.
- SOARES, José Luís. Biologia. 3. ed., São Paulo, Scipione, 1986. 3v.
- TAGLIEBER, José Erno. Ciência, tecnologia e educação científica. In: II Simpósio Sul Brasileiro de Ensino de Ciências. 24-26 julho de 1984. Florianópolis, SC.
- THIOLLENT, Michel Jean-Marie. Ciência-tecnologia-sociedade e formação metodológica do engenheiro. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 3 (2) : 133-136, jun/dez 1984.
- Trinta anos de medo. Isto É, São Paulo, no. 489, 07/05/1986, p. 40.
- VESENTINI, José William. Geografia do Brasil: Brasil, sociedade e espaço. 15. ed. São Paulo, Ática, 1989.
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J. Sci. Educ., 1 (2): 205-222, 1979.
- ZANETIC, João. Comunicação oral. IX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Carlos, 21-25 janeiro 1991.

ZIMAN, John. "It's not what you do: it's the way that you do it!". The rationale of STS education is in the approach. Science Policy Support Group, London, pp. 1-9. Mimeografado.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Concepcões espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino, Rev. Ens. Fis., 5 (2) : 3-16, dez. 1983.