



Tecnologia Nuclear: os dois lados da moeda

Sidney Rocha Gomes¹, Victor Hugo de Oliveira Santos², Maria José dos Santos², Iderlândia Souza de Medeiros²

¹Professor do curso de licenciatura em Física- IFRN. e-mail: sidney.rocha@ifrn.edu.br

²Alunos do curso de Licenciatura em Física-IFRN. e-mail: tsumoto4@bol.com.br; novanatal2010@gmail.com; medeirosiderlandia@yahoo.com

Resumo: Este artigo trás a discussão sobre os benefícios e malefícios do uso da tecnologia nuclear, antes comentando rapidamente temas necessários ao seu entendimento, como noções de átomo, radiação e processos de fissão e fusão nuclear. Realizamos um estudo a partir de materiais bibliográficos produzidos pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear, e outros que tratam de questões relacionadas ao tema. Dentre os benefícios do uso dessa tecnologia para a humanidade, destacamos as aplicações na medicina, no setor energético, na agricultura, e na indústria. No campo dos malefícios, discutimos sobre lixo, acidentes e armas nucleares. Salientamos que se buscou, sempre que necessário, fazer uma análise crítica dos impactos que essas aplicações podem trazer, com o intuito de fazer com que o leitor não apenas tenha conhecimento sobre o tema, mas que também seja capaz de avaliar minimamente seu posicionamento diante das aplicações mostradas, daí a importância que julgamos ter o presente trabalho. Ao término do artigo, espera-se que o leitor seja capaz de entender os conceitos e discussões básicas que envolvem o tema, pois visamos que este assunto de tão grande importância, a tecnologia nuclear, seja conhecido, entendido e debatido cada vez mais pela população brasileira.

Palavras chaves: aplicações, benefícios, malefícios, nuclear, tecnologias

1. INTRODUÇÃO

A primeira teoria sobre ao átomo surgiu no século V antes de Cristo, e foi formulada pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito. No entanto, foi somente a partir do início do século XIX, com os trabalhos de John Dalton, J.J. Thompson, Rutherford, Lorentz, Robert A. Millikan, dentre outros, que se passou a estudar com profundidade as propriedades do átomo. Em 1895 Roentgen fez as primeiras descobertas em relação à radiação, sendo seguido por outros cientistas que aprofundaram os estudos, como o casal de químicos Pierre e Maria Curie, que contribuiriam para a ciência nuclear através da descoberta de outros materiais radioativos. Em 1929, com os trabalhos de Enrico Fermi, começou-se o estudo dos processos de fissão e fusão nuclear, sendo que em 1942 foi construído nos Estados Unidos o primeiro reator, que forneceu material para a produção da bomba atômica lançada sobre o Japão no ano de 1945. Infelizmente não podemos afirmar com precisão quando se passou a utilizar essa tecnologia em campos como a medicina, a agricultura e a indústria, o que sugerimos é que estas se deram a partir da segunda metade do século XX (MARTINS, s/d).

O presente artigo busca apresentar as aplicações da tecnologia nuclear para os campos como a medicina, a agricultura, o setor energético, armas nucleares, bem como discutir questões como lixo e acidentes nucleares. Infelizmente grande parte da população brasileira, não tem conhecimento sobre o assunto, pois os trabalhos de divulgação sobre o tema ainda são insuficientes. Além disso, muitas vezes quando se fala dessa tecnologia, lembra-se logo das usinas nucleares e das bombas atômicas, reforçando a ideia de que essa tecnologia é algo ruim, que só possui efeitos negativos.

Diante desse cenário, o presente trabalho visa mostrar as aplicações benéficas dessa tecnologia, apontando os malefícios que seu uso pode trazer. Além disso, pretende-se desenvolver no leitor o



entendimento básico sobre o assunto, bem como a capacidade de discernir sobre algumas questões atualmente discutidas no meio social e na mídia, relacionado ao tema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção do presente artigo foi realizada uma pesquisa bibliográfica, contando com o estudo de materiais como as apostilas educativas sobre tecnologia nuclear, elaboradas pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear, bem como alguns outros materiais que fazem a análise de questões intrínsecas ao tema, como acidentes, armas e lixo nuclear.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Átomo, radiações e processos de fissão e fusão nuclear

Para entender a aplicação da tecnologia nuclear, é indispensável o conhecimento sobre o átomo e algumas de suas propriedades, bem como de radiações e processos de fissão e fusão nuclear. É justamente por isso, que vamos fazer aqui um rápido comentário sobre a concepção atual de átomo, bem como algumas noções de radiações e de fissão e fusão nuclear.

O modelo atômico mais aceito atualmente é o chamado modelo de Rutherford-Bohr, onde o átomo trata-se do elemento que compõem toda a matéria existente, formado por um núcleo no qual existem cargas positivas (prótons), neutras (nêutrons). Existem cargas negativas (elétrons), que estão em movimento de translação ao redor do núcleo. Os diferentes elementos existentes na natureza têm a ver com a quantidade de prótons existente no núcleo do átomo, ou seja, para cada elemento diferente, seus átomos terão diferente número de prótons em seu interior (³CARDOSO et al, s/d).

Radiação é basicamente energia emitida pelo núcleo do átomo, sendo que também pode haver liberação de partículas, dependendo do tipo de radiação que pode ser dos tipos α , β ou δ . Essa emissão ocorre quando o núcleo é um isótopo instável, ou seja, átomos de um determinado elemento, que tem quantidades diferentes de nêutrons em seu núcleo, pois há uma tendência do átomo a se estabilizar, sendo que a emissão de radiação prosseguirá até que isso ocorra. Na radiação α , há emissão de prótons e nêutrons, e com o decorrer da radiação, a substância radioativa muda, devido a perda de prótons. Quanto ao seu poder de penetração, é o que tem menor capacidade em relação aos raios β e δ , sendo que mal consegue atravessar uma folha de papel. Na radiação β , temos a emissão de elétrons ou pósitrons (antipartículas dos elétrons). Durante a radiação β , a substância também vai se modificando, e seu poder de penetração é relativamente maior que a radiação α e menor que a radiação δ , sendo capaz de atravessar o corpo humano e vários objetos, com exceção de alguns de metais. Por fim, na radiação δ temos a emissão apenas de ondas eletromagnéticas, ou seja, energia pura sem existência de partículas. Esta se configura como a radiação mais energética, com grande poder de penetração, contida pelo chumbo, dependendo da espessura da proteção usada. Por essa razão materiais que emitem esse tipo de radiação são guardados em recipientes deste material. Como a radiação δ trata-se de emissão de pura energia, não há mudança do elemento químico (GONÇALVES e ALMEIDA, 2005).

A fissão é o processo utilizado nas usinas nucleares, e ocorre quando um nêutron acelerado é direcionado para colidir com o núcleo de um átomo, normalmente o urânio 235, ou U^{235} , que após fissurado libera uma enorme quantidade de energia térmica, usada nas usinas para a produção de energia elétrica. Após a colisão e a fissura do U^{235} , este libera dois ou três nêutrons. Se houverem outros núcleos de U^{235} próximos, eles podem ser atingidos pelos nêutrons liberados, e estes após a fissão liberarão outros nêutrons, que atingirão outros átomos de urânio, e assim sucessivamente,



configurando a chamada reação em cadeia. Já a fusão nuclear se configura como basicamente a união de dois ou mais núcleos atômicos, o que faz com que haja grande liberação de energia, pois a massa final do átomo fundido não é igual à soma das massas dos átomos que se fundiram, separados. A diferença dessas massas é convertida em energia, que podemos perceber que tem valor elevado, tendo em mente que esta é dada pela relação entre massa e energia proposta por Einstein, que nos faz entender que matéria nada mais é que uma forma de energia: $E = \Delta m \cdot c^2$, onde E = energia liberada, $\Delta m = \sum m_{\text{massa dos núcleos separados}} - m_{\text{massa dos núcleos fundidos}}$ e c^2 é a velocidade da luz no vácuo ao quadrado (10^8)² m/s (GONÇALVES e ALMEIDA, 2005).

3.1 OS BENEFÍCIOS

Aplicações na medicina

Segundo ¹CARDOSO et al, s/d, o uso da tecnologia nuclear é de grande importância para o tratamento de doenças, em especial tumores cancerígenos. As aplicações radioativas na medicina compreendem a radioterapia, a medicina nuclear e a esterilização dos materiais médico-cirúrgicos, utilizados em centros de saúde, feita nas fábricas que produzem estes materiais.

Ainda segundo este autor, a radioterapia consiste no tratamento de tumores cancerígenos através da exposição controlada dos tumores a radiação de elementos como o cério-137 e o cobalto -60. A irradiação dos tumores é feita devido a maior sensibilidade das células destes a radiação, que visa destruí-lo. As células saudáveis são menos sensíveis a radiação que as cancerosas, e por isso são menos afetadas. No entanto as células saudáveis próximas ao tumor também são atingidas, provocando a sua destruição, embora em muito menor escala que as cancerígenas. É comum que hajam efeitos colaterais para o paciente, como perda de cabelos, cansaço e ânsia de vômito. Embora possua efeitos colaterais, a radioterapia se constitui como forma mais eficaz no tratamento de câncer atualmente.

Já na medicina nuclear, ¹CARDOSO et al, s/d comenta que são administradas substâncias radioativas ao corpo do paciente, seja por via oral, injeção ou inalação. Essas substâncias radioativas são misturadas a medicamentos específicos, que tem a capacidade de se acumular em determinados tecidos do corpo, assim se torna possível analisar o funcionamento e o formato de determinado órgão específico, através de máquinas especializadas. Vale salientar que as doses de materiais radioativos recebidas pelos pacientes não lhes trazem danos à saúde, pois são em concentração muito baixa.

A esterilização de materiais de uso médico-hospitalar é feita através da exposição dos mesmos a radiação δ . Como essa radiação trata-se apenas de energia, sem liberação de partículas, os objetos podem ser esterilizados já em suas embalagens finais, normalmente feitas de plástico, já que este é transparente para a radiação δ . Os microrganismos são mortos quando expostos a radiação, devido a alta energia da mesma. Este processo acaba sendo extremamente vantajoso em relação aos que são feitos com produtos químicos, pois pode-se esterilizar um grande volume de materiais de uma só vez, já nas embalagens finais do produto (BRASIL, 2001).

Geração de energia elétrica

A energia eletrônica, atualmente objeto de muitas discussões, é gerada basicamente pelo mesmo processo que ocorre numa usina termoeletrica. A diferença básica é que não são usados combustíveis fósseis na produção de energia, e sim um material radioativo, o Urânio.

A obtenção do Urânio é feita através da mineração, tendo este material, portanto, estado sólido. A concentração desse urânio extraído que é interessante para a geração de energia elétrica é de cerca



de apenas 0,7 %, e por isso deve-se fazer o processo conhecido como enriquecimento do urânio, que consiste na separação dos isótopos de U^{235} , que está misturado com o U^{238} , no momento em que o material é coletado na mineração. O U^{238} não tem propriedades boas para a fissão, sendo por isso separado do U^{235} e descartado. Após o processo de enriquecimento, o urânio atinge a concentração de 3,5% de U^{235} , valor necessário para a produção de energia. Depois disso o urânio é transformado em pó, em seguida em pastilhas cilíndricas com dimensões de 1 cm de comprimento por 1 cm de diâmetro, que são agrupadas em varetas ocas, feitas de liga de zircônio e estanho. Depois essas varetas são agrupadas em um feixe de varetas e levadas para o interior do reator nuclear. Para a produção de energia elétrica, é iniciada uma reação em cadeia dentro do reator, com o urânio, que após a fissão do seu núcleo, libera grande quantidade de energia térmica, que por sua vez é usada para aquecer água e transformá-la em vapor. Este vapor faz girar uma turbina, que gera energia elétrica, que é transferida para a rede elétrica (GONÇALVES e ALMEIDA, 2005).

As vantagens básicas da energia nuclear são a baixíssima liberação de resíduos de combustíveis fósseis durante a produção de energia (MILANEZ, ALMEIDA e CARMO, 2006) e a necessidade de pouco material para grandes produções de energia elétrica (²CARDOSO et al, s/d). Diversos países no mundo utilizam energia nuclear, em especial os países desenvolvidos, que além de terem uma maior demanda energética, em sua maioria possuem poucas alternativas de produção de energia. Dados de 2010 revelam que os países que utilizam esse tipo de energia, com sua respectiva participação mundial são: Estados Unidos (31 %), França (16%), Japão (11%), Alemanha (5%), Rússia (6%), Coreia do Sul (5%), Canadá (3%), Ucrânia (3%), China e Taiwan (4%), Brasil 1%. Os demais países que somam os 15 % restantes tem produção mínima desse tipo de energia, variando entre 2 e 1 % (ELETROBRÁS, 2011).

Agricultura

A contribuição da tecnologia nuclear no campo da agricultura está na análise interna de plantas, no controle de pragas na lavoura e também na conservação de alimentos.

Segundo ¹CARDOSO et al, s/d, com o uso de radioisótopos pode-se estudar a anatomia das plantas, bem como o seu metabolismo, e em que partes ficam retidas determinadas substâncias. Esse processo é feito através da absorção de material radioativo pelas plantas, e em seguida a radiografia da mesma é feita. Assim pode-se potencializar a produção de alimentos, na medida em que se sabe o que as plantas precisam para se desenvolver, e conseqüentemente dar mais e melhores frutos.

Ainda segundo esse autor, pode ser feito o controle de pragas na lavoura, como é o caso das formigas. Se os insetos que atacam as plantas da lavoura ingerirem plantas que absorveram radioisótopos, estes passam a emitir radiação, que pode ser detectada com o uso de um aparelho. No caso das formigas, pode-se descobrir o local do formigueiro e destruí-lo. Outras duas formas de controles de pragas são a esterilização dos insetos machos através da radiação δ , e em seguida misturá-los com os outros férteis da lavoura. Devido à competição dos machos por espaço, esse número de pragas certamente terá diminuição. Repetindo-se o processo diversas vezes, a praga é extinta, e o melhor, sem o uso de agrotóxicos. A outra é a identificação dos insetos que são predadores a praga. Isso é feito irradiando-se insetos que se configuram como pragas na lavoura, e defrontando-os com outros insetos de diferentes espécies, possíveis predadores, sendo que o que o comer ficará emitindo radiação. Dessa forma identifica-se qual é o predador da praga e usa-o na plantação para eliminá-la.



Por fim ¹CARDOSO et al, s/d nos diz que há a técnica de irradiação de alimentos por raios δ , que faz com que estes não estraguem durante meses. Isso representa uma grande economia mundial de alimentos, visto que há um grande desperdício pelo fato deles estragarem. Os processos de armazenamento e transporte dos alimentos não teriam mais perda por deterioração. Vale salientar, que como a radiação δ trata se apenas de ondas eletromagnéticas (energia pura, sem conter partículas de nenhuma espécie), os alimentos irradiados não de tornam radioativos.

3.2 OS MALEFÍCIOS

Lixo nuclear

Segundo ³CARDOSO et al, s/d, o lixo nuclear trata-se dos resíduos do processo de produção de energia nas usinas nucleares, e nas aplicações médicas. Também conhecido como rejeito radioativo, esse material tem como característica básica uma grande emissão de radiação, e isso se configura como um sério risco a saúde humana e ambiental. A radiação emitida por esses materiais, que pode perdurar por milhares de anos como é o caso do Plutônio, que não existe na natureza, e é resíduo do urânio usado nas usinas nucleares. Basta apenas um milionésimo de grama, ou seja, 0,001g deste material para debilitar completamente a saúde de uma pessoa considerada sadia (WALDMAN, 2011). Segundo ³CARDOSO et al, s/d, o armazenamento desses materiais normalmente é feito locais especializados para sua contenção, visando evitar o escape da radiação. Vale salientar que por mais bem planejadas e fiscalizadas que sejam os depósitos e os contêineres, estes não oferecem uma segurança total, pois sempre pode haver o risco de algum acidente, seja nos toneis blindados ou no reservatório do subsolo, o que acarretaria na liberação do material e conseqüentemente na contaminação do solo.

Outro risco dos rejeitos radioativos é quanto ao transporte desse material do local de origem até o reservatório, que podem ser externos ao país, quando estes não tem tecnologia para a reutilização dos materiais, chamado de reprocessamento. Esse transporte pode ser feito em caminhões ou navios, sendo que em ambos os casos há o perigo de um acidente, que coloque o material em contato com o meio ambiente (WALDMAN, 2011).

Acidentes nucleares

Os acidentes nucleares se caracterizam por vazamento de material radioativo, seja das usinas, dos depósitos de lixo nuclear ou de qualquer que seja a origem desse material. Os efeitos desses acidentes normalmente são desastrosos para o ser humano e o ambiente, sendo que a radiação pode se manter no ambiente por centenas de anos. Um acidente nuclear é classificado como grande quando há uma grande área contaminada pela radiação do material que vazou, e pelo numero de mortes e contaminações que causa. Os acidentes podem ocorrer por deterioração térmica (quando ocorre algum problema na refrigeração do reator, e com isso um aumento da temperatura, resultando na fusão total ou parcial deste), por vazamento de material radioativo durante o transporte, por falha em equipamentos nas usinas e por erro humano (²CARDOSO, et al, s/d). Um dos sérios problemas quando ocorre esse tipo de acidente, é que muitas vezes os governos dos países onde este se deu divulgam informações falsas ou incompletas, quase sempre devido a motivos políticos e/ou econômicos (JÚNIOR, 2012).

Dentre os acidentes já registrados como graves ao longo da história temos como os principais:



Tree Mile Island: ocorreu em 1979 nos Estados Unidos, onde gases radioativos vazaram para a atmosfera, e material radioativo se acumulou na parte externa do redor do reator. Foram evacuadas cerca de 140.000 pessoas dos arredores da usina (JUNIOR, 2012).

Chernobyl: ocorreu no ano de 1986 na Ucrânia. O acidente se deu devido à falha humana durante uma manutenção, e houve a explosão do reator, deixando o material radioativo do mesmo exposto ao ambiente. Chernobyl se transformou numa cidade fantasma, devido aos altos índices de radiação nos arredores da usina, cerca de 140.000Km², e teve no total um saldo de aproximadamente 300.000 mortos (JUNIOR, 2012).

Goiânia: segundo o site Brasil Escola, acessado em 13 de janeiro de 2012, este acidente ocorreu no Brasil em 1987, onde catadores de material reciclável, sem saber do que se tratava, encontraram e abriram um aparelho utilizado em radioterapias, deixado numa clínica abandonada e o levaram para casa. O material presente dentro do aparelho era o cézio-137, e devido esse material emitir luz azul, fascinou os catadores de material reciclável, que querendo mostrar a propriedade curiosa do material desconhecido distribuíram-no entre os familiares e vizinhos. Cerca de 10 pessoas morreram e 600 ficaram contaminadas.

Fukushima: segundo o site Revista Nova Escola, acessado em 13 de janeiro de 2012, este acidente ocorreu em 11 de março de 2011, no Japão, devido ao terremoto de 9 pontos na escala Richter, que causou estragos na estrutura da usina. Houveram explosões em 3 dos seus 6 reatores. No dia 20 de maio de 2011, a estimativa da região afetada pela radiação era de cerca de 80 Km.

É importante salientar também, que devido aos acidentes nucleares, e conseqüentemente, a liberação de radiação, as pessoas tem sua saúde posta em risco, e podem adquirir doenças do sistema respiratório, digestivo, vascular, de hormônios, imunidade e alterações no DNA das células, acarretando os mais diversos tipos de câncer, além de poderem passar às gerações futuras as anomalias genéticas. Efeito bastante semelhante ocorre também com as plantas (GREENPEACE, 2006).

Armas nucleares

Segundo o site Tíbia BR forums, acessado em 15 de janeiro de 2012, as armas de natureza nuclear são basicamente bombas, e podem ser resumidas em quatro tipos: bomba de fissão nuclear, fusão nuclear, bomba suja e a bomba de nêutrons. As bombas de fissão e fusão nuclear funcionam conforme os processos explicados na sessão 1.3 do presente artigo. A bomba suja se trata de uma bomba na qual não há processos nucleares durante a detonação. Seu poder destrutivo está no fato de que esta carrega materiais radioativos em seu interior, que após a explosão são espalhados pelo máximo de direções possíveis, provocando doenças e contaminando com material radioativo os locais nos arredores de detonação da bomba. A bomba de nêutrons, por sua vez, funciona por processo de fusão nuclear, sendo que os nêutrons do processo não ficam no interior da bomba, e sim são liberados por esta, com alta energia, acompanhada de radiação. Os nêutrons são mais penetrantes que as outras formas de radiação, e tem efeito destrutivo só sobre organismos vivos, deixando o restante do local atingido intacto. Isso faz com que esse tipo de bomba seja um ótimo aparato militar, na medida em que permite vencer o inimigo, e ainda se apossar de seu território e armamentos.

Segundo o site Brasil Escola, acessado em 16 de janeiro de 2012, a discussão da posse de armas nucleares pelos países ao redor do mundo já foi bastante debatida, tanto é que foi firmado um *tratado de não proliferação nuclear*, visando impedir que muitos países tenham armas nucleares. Esse tratado



foi assinado em 1968 e entrou em vigor em 1970. Fazem parte todos os países do mundo, exceto a Coreia do Norte, Israel, Paquistão e Índia. Os maiores países com arsenal nuclear atualmente são Estados Unidos, Rússia, Reino Unido, França e China, que também são os cinco membros permanentes do conselho de segurança da ONU.

Um dos principais entraves para que a não proliferação das armas nucleares ocorra, é que os países que possuem esse tipo de armamento não querem de fato se livrar deles, pois temem perder poder militar em relação aos outros países que as manterão. Como esse pensamento prevalece, e não existem condições para que o arsenal nuclear mundial seja extinto de uma só vez, o tratado de não proliferação se configura com essa realidade: apenas conter a expansão dos arsenais já existentes (KOVICH,s/d).

Quando se fala em armas nucleares, é inevitável lembrar as bombas jogadas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, durante a segunda Guerra Mundial. Após esses acontecimentos, ficou claro o poder destrutivo de uma arma nuclear. Foi exatamente por isso que foi firmado o tratado de não proliferação das armas nucleares. Diante disso é bastante natural que a comunidade internacional veja com desconfiança os países que se recusam a entrar no tratado, e passem a questionar quais são de fato as intenções desses países no uso da tecnologia nuclear.

4. CONCLUSÕES

Como visto ao longo desse artigo, a tecnologia nuclear possui também aplicações com fins pacíficos, o que contraria a ideia que muitos tem de que a mesma está ligada apenas a fins bélicos. É compreensível, no entanto, que este pensamento seja o mais comum atualmente, visto que a quantidade de trabalhos sobre o assunto é muito pequena. Além disso a primeira aplicação sobre a qual a maioria das pessoas possui conhecimento, foi o lançamento de bombas nucleares na segunda guerra mundial.

É necessário ressaltar que a tecnologia nuclear possui alguns outros campos de aplicação, que não foram possíveis de serem contemplados, podendo isso ser feito em trabalhos posteriores. Além disso, os assuntos tratados no presente artigo foram simplificados ao máximo possível, com o intuito de facilitar o entendimento do leitor sobre o que está sendo exposto.

Por fim, queremos reforçar a importância do presente trabalho, pois este explana sobre os mais importantes conceitos e aplicações e malefícios da tecnologia nuclear, explicando temas-chaves que são necessários ao entendimento do assunto. Esperamos contribuir com este trabalho para que mais pessoas possam tomar conhecimento sobre o que é a tecnologia nuclear, e quais os benefícios e consequências do seu uso visto que o Brasil é um dos países que se vale do uso dessa tecnologia no campo da geração de energia elétrica, com as usinas Angra I, II e Angra III em construção, bem como as demais aplicações apresentadas ao longo deste artigo.

REFERÊNCIAS

BRASIL ESCOLA. **Acidente com o Césio -137**. Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/quimica/acidente-cesio137.htm>> Acesso em: 13 de jan 2012.

BRASIL ESCOLA. **Tratado de Não proliferação Nuclear | TNP**. Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/geografia/tnp.htm>> Acesso em: 16 de jan 2012.



BRASIL, Ministério da Saúde. **Orientações gerais para a central de esterilização**. Brasília (DF), abril de 2001 pg. 23.

¹CARDOSO; Eliezer de Moura et al. **Aplicações da Energia Nuclear**.Rio de Janeiro(RJ),Comissão Nacional de Energia Nuclear,s/d.

²CARDOSO; Eliezer de Moura et al. **Energia Nuclear**.Rio de Janeiro(RJ),Comissão Nacional de Energia Nuclear,s/d.

³CARDOSO; Eliezer de Moura et al.**Radioatividade**.Rio de Janeiro(RJ),Comissão Nacional de Energia Nuclear, s/d.

ELETROBRÁS. **Panorama da Energia Nuclear no Mundo**. Edição julho de 2011. Brasil, 2011.

GONÇALVES, Odair Dias; ALMEIDA, Ivan Pedro Salati de. **A energia nuclear**. Rio de Janeiro (RJ), Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2005.

GREENPEACE. **Catástrofe de Chernobyl: As consequências para a saúde humana**, 2006.

JUNIOR, Roberto C. P. **Os mais graves acidentes nucleares**. Disponível em:
<<http://www.library.com.br/Filosofia/nucleare.htm>> Acesso em: 13 de jan 2012.

KOVICH, Tem-Cel. Andrew. **50 anos depois: questões difíceis face a redução de armas nucleares**.Washington DC(USA). Air e Sapce Power.

MARTINS, Jader Benuzzi. **História da Energia Nuclear**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Brasil s/d.

MILANEZ, Jimes Vasco; ALMEIDA, Ricardo Dias; CARMO, Fausto Silva do. **Energia Nuclear Socialmente Aceitável Como Solução Possível para a Demanda Energética Brasileira**. Revista Ciências do Ambiente On-Line Fevereiro, 2006 Volume 2, Número 1

NOVA ESCOLA. **Entenda o acidente nuclear em Fukushima, no Japão**. Disponível em:<<http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/entenda-acidente-nuclear-japao-621879.shtml>> Acesso em: 13 de jan 2012.

TIBIA BR FORUMS. **Tipos de armas nucleares**. Disponível em:<<http://forums.tibiabr.com/showthread.php?t=152021>> Acesso em: 16 de jan 2012.

WALDMAN, Mauricio. **Anátemas do lixo nuclear**.Texto de subsídio para a palestra Repensando os Resíduos Sólidos, de Mauricio Waldman in VIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas,25-27 de maio de 2011 Poços de Caldas(MG). GSC Eventos Especiais. 2011