

# EXPLOSÕES NUCLEARES E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Conferência realizada pelo Tenente-Coronel  
**ORLANDO RANGEL**, em 26 de outubro de 1950,  
na Sociedade Mineira de Engenheiros,  
Belo Horizonte

Muita gente pensa que a era atômica teve início com o lançamento da bomba sobre a cidade japonesa de Hiroshima, na manhã de 6 de agosto de 1945. Nesse dia, realmente, o mundo recebeu a notícia do sensacional acontecimento, que vinha abrir novos horizontes à humanidade. Era, porém, a primeira aplicação prática de um gigantesco esforço técnico científico, iniciado em 1939, que custou 2 bilhões de dólares, mobilizou os melhores cérebros do mundo e utilizou os estupendos recursos do maravilhoso parque industrial dos Estados Unidos da América do Norte.

O ponto singular da trajetória da civilização que marca o início da idade atômica é, segundo o consenso geral dos cientistas, o dia 2 de dezembro de 1942. As 3.25 da tarde desse memorável dia, entrou em funcionamento a pilha urânio-grafite montada na Universidade de Chicago — a primeira máquina de energia nuclear ideada e operada pelo homem. Foi nessa tarde histórica que se conseguiu liberar e dominar a energia armazenada no núcleo atômico. Os homens de ciência, reunidos secretamente em Chicago para resolver o problema, conseguiram iniciar e controlar uma reação nuclear em cadeia, auto-entretida, isto é, mantida por si mesmo.

Logo após o funcionamento dessa máquina de energia nuclear, a primeira do nosso planeta, o professor Compton, responsável pela experiência perante o Conselho de Pesquisas Científicas dos Estados Unidos, chamou ao telefone, em Harvard, o Dr. James Conant, que

aguardava o resultado desse ensaio decisivo, e, sem nenhum código previamente combinado, disse somente o seguinte:

— “O navegador italiano desembarcou no Novo Mundo” —

Referia-se ao grande físico Fermi, italiano de nascimento, exilado voluntariamente nos Estados Unidos e citado pelo “War Department” como o primeiro homem que obteve e controlou uma reação nuclear em cadeia. O Novo Mundo que a ciência acabava de descobrir é a “Idade Atômica” que estamos vivendo.

O Dr. Conant perguntou em seguida: — “Como se portaram os nativos?”. A resposta de Compton foi sintética e precisa:

— “Muito amigavelmente”.

Esse interessante e curto diálogo telefônico, bastou para que os dois cientistas se entendessem perfeitamente, sem quebrar o sigilo que as circunstâncias exigiam para salvaguarda dos interesses da segurança nacional da grande democracia americana, já empenhada na maior guerra da história.

A célebre pilha de Chicago foi posteriormente desmontada, mas a histórica cena de 2 de dezembro de 1942 está fixada em um desenho do artista Melvin A. Miller, do “Argonne National Laboratory”, de Chicago.

A era atômica, que estamos vivendo, acha-se às vésperas de seu 8º aniversário, que se completará em 2 de dezembro próximo.

Durante esse tempo muito se conseguiu de progresso em todos os se-



tadores da física nuclear e suas aplicações. Continuaram em ritmo acelerado os estudos de ciência pura; aperfeiçoaram-se os processos de produção dos combustíveis nucleares; criaram-se novos tipos de reatores para aplicação industrial da energia atômica; desenvolveu-se enormemente a produção de rádio isótopos, utilizados em medicina e reclamados também pelos pesquisadores dos segredos da natureza. Por outro lado, as armas atômicas foram aperfeiçoadas, surgiram novos modelos, inclusive a chamada super-bomba ou bomba de hidrogênio.

\* \*

Para não fugir ao tema que nos foi proposto, vejamos um rápido histórico das explosões nucleares que, até o presente momento, ocorreram na face da terra.

A primeira Bomba Atômica explodiu às 5,30 da manhã de 16 de julho de 1945, em Alamogordo, Estado de New México. A experiência, denominada "Trinity Test", foi o coroamento feliz do "Manhattan Project", que custou 2 bilhões de dólares. A espetacular explosão vaporizou a torre de aço que sustentava a bomba, fundiu a areia do solo, abriu profunda cratera e elevou a mais de 12 mil metros de altura uma nuvem multicor. A bola de fogo, milhares de vezes mais luminosa que o sol, foi vista a 300 milhas de distância.

Tudo se processara no maior sigilo, talvez o mais difícil e bem guardado segredo da última grande guerra. A estupenda realização científica, técnica e industrial, só foi divulgada depois que a bomba atômica n. 2 explodiu sobre a cidade japonesa de Hiroshima, às 8,15 da manhã de 6 de agosto do mesmo ano de 1945, destruindo 60 mil edifícios e devastando uma área de 4,4 milhas quadradas. Matou 39 mil e feriu 25 mil pessoas.

Três dias mais tarde, às 10,58 da manhã de 9 de agosto, explodia sobre Nagasaki a bomba n. 3. Destruiu 14 mil edifícios, devastou uma área de 1,8 milhas quadradas, matou 39 mil e feriu 25 mil pessoas.

Essas 2 bombas atômicas precipitaram a rendição do Japão, decidida no dia seguinte à destruição de Nagasaki, poupando aos americanos mais de 1 milhão de vidas, em quanto era calculado o custo da tomada e ocupação do Japão pelas forças militares dos EE.UU.

As bombas atômicas ns. 4 e 5 foram utilizadas para as experiências de Bikini — teste Able (bomba aérea) e teste Baker (bomba submarina) — que tivemos ocasião de assistir na qualidade de observador brasileiro. A gigantesca operação foi denominada "Operation Crossroads".

A bomba n. 4, batizada de "Gilda", foi lançada de avião, às 9 horas da manhã de 1 de julho de 1946, sobre uma esquadra-alvo fundeada no atoll de Bikini, afundando 23 mil toneladas de navios de guerra (5 navios).

O clarão ofuscante da bola de fogo inicial era milhares de vezes mais intenso que o do sol. Aumentando com extrema rapidez a bola de fogo foi perdendo, gradativamente, a intensidade luminosa e tomou as formas de elipse e semi-esfera brilhante, com uma base turbulenta. Surgiu então a nuvem, espessa e maciça, em forma de cogumelo, branca com veios avermelhados e amarelos, que subiu a 15 mil metros de altura, sempre com a forma característica de cogumelo.

Dos 3.100 ratos, 150 porcos e 150 cabras que tomaram parte no 1º teste, como "tripulantes" dos navios-alvos, 10 % morreram devido ao choque, 15 % em virtude da radioatividade e 10 % foram sacrificados para estudo.

A bomba n. 5, denominada "Helen de Bikini", colocada no meio da esquadra-alvo e mantida na profundidade desejada pelo pequeno navio suicida "Cinderela" (L.S.M. 60), foi detonada pelo rádio às 8,33 da manhã de 23 de julho de 1946, de bordo do navio laboratório "Cumberland Sound", a 20 milhas de distância. Levantou gigantesca e impressionante coluna d'água e de vapor, branco-cinzenta, semelhante a um vulcão, com 600 metros de diâmetro e quase dois mil



de altura. Dois milhões de toneladas d'água foram lançadas no espaço e, enquanto voltava ao oceano parte dessa água, formou-se imponente nuvem, fracamente colorida, que cresceu em direção ao céu, tomando a já clássica forma de cogumelo. Morreram perto de 40 mil peixes e a onda formada (de 30 metros de altura a 300 metros do ponto de explosão) deslocou-se com uma velocidade de 50 milhas por hora. Depois de inundar as praias, carregou de volta para a laguna de Bikini, 50 mil toneladas de areia. A 8 milhas de distância os sismógrafos instalados no atoll de Amen registraram um forte tremor de terra. Cem mil toneladas de navios de guerra (9 navios) foram ao fundo. Dos porcos e ratos colocados a bordo sobreviveram somente alguns ratos, devido à forte radioatividade provocada pela explosão nuclear.

Dos 92 navios-alvos principais dos 2 testes de Bikini, somente 9 ficaram ilesos, isto é, em perfeitas condições de serviço, sem sofrer nenhuma avaria ou efeito radioativa, devido à explosão das bombas atômicas. A radioatividade decorrente da bomba submarina excedeu todas as expectativas. O material radioativo da explosão nuclear correspondia a centenas de toneladas de radium. Noventa por cento dos navios-alvos estiveram inabordáveis por mais de dez dias e durante várias semanas a contaminação radioativa foi o principal problema.

Quase dois anos após os testes de Bikini, realizaram-se novas experiências com armas atômicas, em "Eniwetok Atomic Proving Ground", nas ilhas de Marshall, atoll de Eniwetok, a cerca de 200 milhas de Bikini. A Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos anunciou as provas em 19 de abril de 1948, mas não revelou a data exata nem quaisquer detalhes a respeito. O 4º relatório semestral da Comissão, publicado em fins de julho de 1948, esclareceu, porém, que foram realizadas em Eniwetok 3 explosões, (bombas atômicas ns. 6, 7 e 8) utilizando 3 armas atômicas de novo e aperfeiçoado modelo, com resul-

tados altamente satisfatórios. A "Operation Sandstone", como foi denominada, semelhante ao "Trinity Test" de 16 de julho de 1945, confirmou que a posição dos Estados Unidos no campo das armas atômicas foi sensivelmente melhorada.

A bomba atômica n. 9, de origem soviética, explodiu em julho de 1948, não se conhecendo maiores detalhes. Seguiram-se as explosões n. 10 e 11, em outubro de 1948 e junho de 1949, também na Rússia, as quais, segundo os americanos, foram explosões acidentais.

Não sabemos se a próxima explosão será ainda de uma bomba atômica, de urânio ou plutônio, ou de uma bomba de hidrogênio, cuja fabricação já deve ser uma realidade.

Durante a última guerra mundial, em 1944, as bombas explosivas da aviação aliada carregavam 11 toneladas de TNT (Grand Slam), pois as de 5 toneladas (Block-buster) foram consideradas insuficientes. Em princípios de 1948, os norte-americanos experimentaram em "Muroc Air Force Base", Califórnia, bombas de trótil com 42 mil libras (ou sejam cerca de 20 toneladas de explosivo), projetadas no início de 1945 mas não terminadas até o fim da guerra. Tudo isso nada representa comparado com a bomba atômica, tipo Hiroshima, já obsoleto, equivalente a 20 mil toneladas de TNT. Para mostrar o poder mortífero dessa incrível arma de saturação, os ingleses estabeleceram um índice numérico — o rendimento padrão de mortos — para cada tipo de bomba, considerando como objetivo uma zona urbana com 1 habitante por mil pés quadrados (93 metros quadrados). O "standard killed rate" para uma bomba de 500 libras é de 6 mortos; para a bomba de uma tonelada sobe a 50 e atinge a respeitável cifra de 75 mil para a bomba atômica.

Os explosivos nucleares utilizados nas bombas atômica e de hidrogênio, constituem, indubitavelmente, os maiores recursos bélicos postos à disposição do homem, e o seu advento modificou profundamente a arte da guerra. Não são,



porém, armas sobrenaturais, capazes de destruir, com um único impacto, cidades, esquadras e exércitos, ou provocar fenômenos anormais e cataclismas que ponham em perigo a própria Terra, como a propaganda leiga e sensacionalista pretendeu insinuar a princípio. Os testes de Bikini Atoll, testemunhados por 42 mil pessoas, serviram para colocar a bomba atômica no seu verdadeiro lugar.

• • •

Antes de entrarmos na outra parte do tema sugerido pela "Sociedade Mineira de Engenheiros", isto é, as *conseqüências das explosões nucleares*, parece interessante, recordar algumas noções essenciais e básicas que permitiram o advento da era atômica. Para não roubar o precioso tempo de tão distinto auditório, procuraremos fazê-lo da forma mais resumida possível.

Energia atômica ou, mais propriamente, *energia nuclear*, é a energia obtida por meio de reações nucleares, isto é, que atingem o núcleo dos átomos, e cuja fonte primária é a modificação das massas em jôgo.

Até o advento da era atômica, a energia utilizada pelo homem provinha, na grande maioria dos casos, do aproveitamento das quedas d'água e das reações químicas, especialmente as de combustão, isto é, queima dos combustíveis clássicos: lenha, carvão, petróleo etc. etc.

Os núcleos atômicos, onde se acham armazenadas as forças nucleares, que o engenho humano já desencadeou, eram até então inexpugnáveis aos elementos que a ciência dispunha.

As reações nucleares consistem em uma transmutação de elementos, realizando assim o velho sonho dos alquimistas medievais.

O homem conseguiu, afinal, aproveitar para uso na terra a energia criadora do universo.

As noções fundamentais para a perfeita compreensão dos assuntos relativos à energia nuclear podem ser resumidos no estudo da "cons-

tuição dos átomos" e da "inter-conversão de massa e energia".

Tôdas as substâncias existentes na face da terra — desde as mais simples até as mais complexas — são constituídas de moléculas, consideradas como as menores unidades físicas dos diferentes corpos. Essas moléculas são compostas de átomos, menor subdivisão da matéria que conserva as propriedades e características do elemento químico a que pertence.

Apesar de sua significação etimológica de "indivisível", o átomo é, na realidade, constituído de corpúsculos ou partículas elementares.

Considera-se hoje em dia que o átomo compreende um núcleo composto de *protons* e *neutrons* (genéricamente denominados *nucleons*) em torno do qual gravitam *electrons*, à semelhança de um mísculo sistema planetário. *Protons*, *neutrons* e *electrons*, são pois, os corpúsculos ou partículas elementares, supostas indivisíveis, que constituem os átomos de todos os elementos químicos.

"As diferenças entre os tipos de átomos — no dizer de Paul Valéry — são unicamente pontos de vista arquitetônicos". Todos os átomos se compõem das mesmas espécies de corpúsculos, em número variável e distribuídos de modos diversos.

Encontram-se na natureza 92 tipos diferentes de átomos, variando do elemento mais simples e leve — o *hidrogênio* (pêso atômico ... 1,008) — ao mais complexo e pesado — o *urânio* (pêso atômico 238,07). Com o advento da era atômica o homem produziu artificialmente elementos transurânicos, isto é, mais pesados que o urânio. Até março do corrente ano de 1950, tinham sido obtidos seis novos elementos, atingindo-se o número atômico 98.

As reações químicas passam-se na superfície dos átomos, interessando somente a camada dos *electrons* que giram em redor do núcleo; este porém não é atingido e o átomo mantém a sua estrutura. As explosões e combustões químicas



cas consistem na destruição do edifício molecular, mas não se verifica transmutação de elementos, que reaparecem íntegros entre os produtos finais da combustão ou explosão. Há somente uma decomposição em elementos mais simples. A maioria das explosões são combustões rápidas, sendo que a velocidade distingue uma reação da outra.

Nas reações nucleares o núcleo atômico é atingido, havendo portanto uma transmutação dos elementos que participam da reação. Esses elementos se desintegram e os produtos finais são elementos químicos completamente diferentes daqueles que existam no início da reação nuclear.

\* \*

Em seguida o conferencista passou a explicar os quadros expostos, onde estavam esquematizadas as reações químicas e nucleares, com diversos exemplos típicos comparativos. Mostrou a reação química da oxidação da trimetilpentana (gasolina octana) e a decomposição explosiva da nitroglicerina. Chamou a atenção para as diferenças entre as reações nucleares de cisão ou fissão e as de fusão ou condensação. Destas últimas foram explicadas as reações de fusão entre os isótopos do hidrogênio.

Exibiu 6 quadros coloridos, publicados pelo "Westinghouse Scholl Service", em cooperação com os cientistas de "Westinghouse Electric Corporation". O 1º quadro tratava das partículas nucleares; o 2º da estrutura do núcleo atômico (com tabela de isótopos e noções de forças nucleares); o 3º das reações nucleares; o 4º das ferramentas de física nuclear (inclusive os aparelhos para observar e provocar as reações nucleares); o 5º dos usos da energia nuclear. Finalmente, o quadro n. 6 mostrava os progressos de física nu-

clear, fixando as grandes etapas do seu desenvolvimento. Fechando o ciclo das descobertas importantes, encontramos a produção dos mesons artificiais, devida ao nosso ilustre patriótico, o Prof. Cesar Lattes. (\*)

\* \*

As conseqüências ou efeitos principais de uma explosão nuclear, são de 3 diferentes espécies:

- I — Onda de choque e sopro.
- II — Irradiação de calor.
- III — Emissão de radiações e partículas nucleares.

Enquanto os dois primeiros, guardadas as proporções, são comuns aos explosivos ordinários, os terceiros constituem uma característica específica das explosões nucleares; de conseqüências perigosíssimas para o homem.

O efeito relativo de cada um desses elementos de destruição varia com uma série de fatores diversos, tais como: espécie e potência da bomba; sua posição, altitude ou profundidade; condições meteorológicas (temperatura, humidade, vento, pressão etc.), espécie de material existente ou colocado junto à bomba, etc. etc.

Com o jôgo desses fatores, é possível, dentro de certos limites, regular as conseqüências prováveis da explosão nuclear.

I — O efeito destruidor propriamente dito é devido a concussão do fenômeno explosivo, que provoca uma onda de choque, violentíssima, seguida de um sopro. Na técnica dos explosivos esse poder demolidor é avaliado pela *brisância*.

O trotil ou TNT, explosivo militar tipo, possui uma *brisância* da ordem de  $10^{12}$  (1.000.000.000.000) kgm/kg/m<sup>2</sup>/seg.

Os mais potentes explosivos militares conhecidos não excedem o dobro desse valor, enquanto o explosivo nuclear é bilhão de vezes

(\*) OBSERVAÇÕES: Em números anteriores da "Defesa Nacional" foram publicados outros artigos, do mesmo autor, versando o assunto em apêro: n. 413, de setembro de 1948 — "A Bomba Atômica e as experiências de Bikini" e n. 426, de novembro-dezembro de 1949 — "Utilização da energia nuclear para fins industriais". Vide também "Bomba termo-nuclear de hidrogênio", Boletim do Circulo de Técnicos Militares, n. 37, julho-setembro de 1950.



mais brisante que o TNT, atingindo o valor de  $10^{21}$ , segundo os cálculos é a teoria original do Almirante Álvaro Alberto.

Outra característica importante é a velocidade de detonação que, para o trotil, é de 6.800 metros por segundo, não chegando a 10 mil para os mais potentes explosivos comuns. A velocidade de detonação do explosivo nuclear é da ordem de 10 milhões de metros por segundo ou ainda maior, segundo certos autores. Não se deve confundir essa velocidade, que é o espaço percorrido pela reação na massa explosiva na unidade de tempo, com a velocidade de propagação da onda de choque. Esta, para o explosivo nuclear, é de 15 mil pés por segundo (cerca de 4.600 m/s).

II — O efeito do calor nos explosivos comuns, mesmo os mais quentes, é praticamente nulo, pois a temperatura de explosão não chega a 5.000 graus centígrados. Para o TNT é de 3.00 graus centígrados. No explosivo nuclear, porém, a temperatura ultrapassa 1 milhão de graus, sendo que alguns autores consignam valores de 100 milhões até 1 bilhão de graus centígrados.

A temperatura do sol na face externa é de 6.000 gr. egr., atingindo 20 milhões no interior.

Devido a elevadíssima temperatura da explosão nuclear, o ar é aquecido até ficar incandescente, formando, a chamada "bola de fogo", que dura alguns milionésimos de segundo. No fim de 0,1 milissegundo, a temperatura descê da casa dos milhões para 300 mil gr. egr. e a luminosidade baixa também muito rapidamente. Naquele instante, na distância de 10 mil jardas (9144 metros) a luminosidade é 100 vezes maior que o do sol visto da terra.

No momento da explosão a bola de fogo tem um brilho milhares de vezes mais intenso que o do sol, como tivemos ocasião de observar pessoalmente em Bikini, protegidos por óculos que deixavam passar apenas 0,003 % da luz. A bola de fogo cresce rapidamente e no fim de 15 milissegundos atinge o raio de

300 pés (91 metros) aumentando até o máximo de 450 pés, quando começa a se formar a nuvem atômica com a clássica forma de cogumelo.

A elevadíssima temperatura de explosão provoca facilmente incêndios e causa queimaduras muito sérias. Uma pessoa a 4.000 jardas (3.750 metros) do ponto de explosão tem a temperatura da pele aumentada de 50 graus centígrados no primeiro milissegundo após a explosão nuclear.

Dentro de um raio de 1 quilômetro, uma bomba atômica tipo Hiroshima causa queimaduras fatais ao ser humano não protegido e sujeito diretamente a ação do calor irradiado. A proteção contra as queimaduras é relativamente fácil e os efeitos de absorção, principalmente em distâncias grandes, atenuam muito as conseqüências.

III — Além dos efeitos comuns a todos os explosivos a bomba atômica, pelas radiações e partículas provenientes da explosão nuclear, exerce um terrível efeito mortífero contra pessoal. As mais perigosas dessas radiações e as partículas nucleares, não podem ser vistas, ouvidas e nem sentidas. Também não possuem cheiro ou sabor; o seu elevado poder letal é insidioso e traiçoeiro.

As radiações das explosões nucleares podem ser grupadas em 2 classes:

A) Radiações electromagnéticas

- a) luz visível
- b) raios ultra-violeta
- c) raios infra-vermelhos
- d) raios gama.

B) Partículas nucleares

- a) neutrons
- b) partículas beta (electrons negativos)
- c) partículas alfa ou núcleos de hélio (2 protons e 2 neutrons)

As radiações iniciais, isto é, emitidas até o primeiro minuto da explosão nuclear, incluem as radiações luminosas e coloríficas, cujos efeitos já foram descritos. Além dessas



são simultaneamente emitidas as seguintes radiações nucleares:

raios *gama* e  
neutrons

Na realidade há emissão instantânea de partículas alfa e beta. Dado porém o fraco poder penetrante dessas partículas, que não conseguem atravessar uma camada de ar relativamente pequena, podem os seus efeitos serem desprezados na ocasião da explosão, sendo porém importantes nas radiações residuais.

Os raios *gama*, semelhantes aos raios X, têm efeitos destruidores terríveis sobre as células vivas e os neutrons são partículas muito nocivas aos seres humanos.

As radiações residuais, isto é, que persistem após a explosão e constituem a radioatividade remanescente, são provenientes:

- do explosivo nuclear não fissionado;
- dos produtos da fissão nuclear;
- da radioatividade induzida nos materiais terrestres ou marítimos.

Tais radiações compreendem:

raios *gama*  
partículas alfa  
partículas beta.

O efeito das radiações varia com a espécie, exigindo proteções de natureza diversa. Os raios *gama* constituem o maior perigo e são de difícil defesa, em virtude do grande poder de penetração que possuem. Os seguintes dados concretos esclarecem o assunto.

A 3.000 pés (945 metros) do ponto de explosão, as radiações iniciais causam a morte de 50 % dos seres humanos, mesmo protegidos por 12 polegadas (30 cm) de concreto.

A unidade de medida de radiação é o roentgen (r) que se define como a quantidade de raios X, ou raios *gama*, que produzirão 2 bilhões de pares de ions em um centímetro cúbico de ar, na temperatura e pressão normais.

A dose letal para uma pessoa humana é de 400 roentgens. Um

indivíduo pode receber até 0,3 r por semana (média de 0,05 r, por dia) ou sejam 15 r por ano, sem nenhum dano, durante a vida inteira. 25 a 50 r, em uma única dose, causam distúrbios que são prontamente reparados pelas defesas orgânicas.

Em geral considera-se que mais de 0,1 r por dia é nocivo; de 50 a 100 perigoso e além disso fatal.

A 2.100 pés (638 metros) da explosão a dosagem recebida é de 10.000 r. Para reduzir essa dose mortal ao limite suportável pelo homem, a proteção necessária é de:

20 polegadas (50,8 cm) de concreto;

3 polegadas (7,6 cm) de chumbo, ou

30 polegadas (76,2 cm) de terra.

Uma pessoa desprotegida a 4.200 pés (1.280 metros) do ponto zero, receberá uma dose letal de raios *gama* (400 roentgens).

Esses dados são todos para a bomba tipo Hiroshima, já obsoleta (equivalente a 20 mil toneladas de TNT) e cujo efeito é decorrente da cisão de 1 quilo de urânio 235 ou plutônio 239.

\* \*

Os efeitos das radiações residuais dependem da "meia vida" dos produtos radioativos provenientes da explosão nuclear. Entre esses produtos, por exemplo, contam-se o próprio urânio 235 e o plutônio 239 que não chegaram a tomar parte na reação de cisão nuclear, pois esta só atinge 1 a 5 % da massa do explosivo nuclear utilizado. A meia vida desses dois elementos radioativos, isto é, o tempo no qual metade do núcleo se decompõe, emitindo radiações, é a seguinte:

Urânio 235 —  $7 \times 10^8$  anos (700 milhões de anos).

Plutônio 239 —  $2,4 \times 10^4$  anos (24 mil anos).

\* \*

No caso de uma explosão aérea, os efeitos das radiações imediatas são muito fortes, e os das radiações residuais quase nulos, pois os produtos radioativos sobem com a nu-



vem atômica e se dispersam na estratosfera.

Uma explosão no solo, ou perto dele, produz radiações imediatas de reduzido efeito e radiações residuais perigosas.

Na explosão submarina são quasi nulos os efeitos das radiações imediatas e muito consideráveis os das radiações residuais, devido a contaminação radioativa da água, principalmente água salgada. A explosão submarina de Bikini (teste Baker) mostrou que grandes quantidades do sódio existente na água do mar absorvem neutrons, formando um isótopo radioativo que emite raios gama e partículas beta, transformando-se em magnésio.

O efeito calorífico é muito grande na explosão aérea; reduzido a uma pequena área na terrestre

e praticamente nulo na explosão submarina.

O poder destrutivo aumenta proporcionalmente a raiz cúbica da potência do explosivo. Assim, um explosivo 1.000 vezes mais potente que outro, tem o seu poder destruidor ou, melhor, o seu raio de ação, somente 10 vezes maior.

O raio de ação do calor irradiado pela explosão atômica varia, teoricamente, na razão da raiz quadrada da potência.

Para terminar, comparemos uma bomba atômica de cisão nuclear, tipo Hiroshima (equivalente a 20 mil toneladas de TNT) com a super-bomba de hidrogênio (que utiliza a reação de fusão nuclear) suposta com uma potência mil vezes maior. Teríamos então:

	Bomba Atômica	Super-bomba de hidrogênio
Raio de destruição	1,6 quilômetros	16 quilômetros
Raio de queimaduras fatais (pessoas desprotegidas)	1 quilômetro	30 quilômetros

Nossa geração teve o privilégio de liberar e dominar a energia armazenada no coração dos átomos. A primeira aplicação prática dessa força incomensurável foi de natureza militar, apressando a vitória dos que lutavam pela causa justa, em defeza da civilização e da liberdade.

O emprêgo futuro da energia atômica é ainda incerto, em face dos dias agitados que estamos vivendo, num mundo inquieto, desequilibrado econômica e socialmente, dividido por ideologias antagônicas e, talvez, irreconciliáveis. Se as forças nucleares forem outra vez empregadas em uma luta armada, por certo hão de novamente concorrer para a vitória da civilização contra a barbárie e o despotismo, salvando mais

uma vez a liberdade e a dignidade humanas, que constituem o nosso mais precioso patrimônio moral.

Os nossos votos, porém, são para que essas forças — que mantêm o calor solar e asseguram a vida na face da terra — correspondam às expectativas da humanidade. Os homens que as descobriram e dominaram, hão de saber empregá-las para o bem estar do gênero humano. Iniciar-se-á então, uma nova era atômica de paz e fartura, com o domínio definitivo do espírito sobre a matéria, do amor sobre o ódio. E quando chegar essa época — com a qual todos nós sonhamos — o Brasil terá certamente o lugar que merece e lhe está reservado no conjunto das nações livres e predestinadas.