



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JOSÉ ADAUTO ANDRADE JUNIOR

EPISÓDIOS HISTÓRICOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS:
A ENERGIA NUCLEAR E SUA UTILIZAÇÃO

Campina Grande - PB

2015

JOSÉ ADAUTO ANDRADE JUNIOR

EPISÓDIOS HISTÓRICOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS:

A ENERGIA NUCLEAR E SUA UTILIZAÇÃO

Produto da dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito legal para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática com especificidade em Ensino de Física

Área de concentração: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

Campina Grande - PB

2015

Introdução

A sequência didática que será apresentada a seguir, segue a proposta que foi utilizada em um minicurso de 6h de duração que foi realizado com educandos do ensino médio, onde foi discutido o tema energia nuclear e suas utilizações.

Esta sequência é apenas uma proposta que o educador poderá seguir para debater os temas destas aulas. Um dos propósitos é mostrar que um texto pode ser tomado como roteiro norteador da aula, mas ainda podemos aprimorar o entendimento dos fenômenos físicos com a utilização de softwares e vídeos.

Sequencia didática - 1

Objetivo

- Mostrar que uma guerra tem impacto na vida de todos, desde um cidadão que é forçado a ir ao campo de batalha, até o cientista que faz suas pesquisas na universidade.
- Estudar e explorar os conceitos de Fissão e Fusão nuclear.
- Mostrar aos educandos que os cientistas têm um papel importante na tomada de decisões da sociedade.

Conteúdos

- Impactos do começo da 2ª guerra mundial na vida dos cientistas alemães
- Introdução ao estudo dos átomos e da tabela periódica
- Estudos sobre fissão e fusão nuclear
- O início do projeto Manhattan

Material utilizado

- Texto 1: A ASCENSÃO DE HITLER E O EXÍLIO DOS FÍSICOS
- Software Periodic Table

- Software PhET

Desenvolvimento da aula

O texto trabalhado nesta aula pode ser subdividido em três partes: 1° - O início da saída dos cientistas da Alemanha nazista, 2° – A descoberta da fissão nuclear e 3° - As ações que levaram a criação do Projeto Manhattan. Com isso temos no mínimo três momentos de discursões em sala de aula.

1° parte do texto

Já podemos instigar os educandos a discutir o título do texto, dando sequência com a leitura da primeira parte do mesmo.

Após a leitura podemos fazer questionamentos aos educandos como:

- O que poderia ter motivado o encontro de Leo Szilard com Einstein?
- Será que esse encontro foi a melhor coisa a ser feita por Leo Szilard?
- O que você (educando) teria feito se fosse Leo Szilard?

2° parte do texto

Começamos a discutir a descoberta e o possível “perigo” da fissão nuclear, aqui podemos utilizar os recursos de multimídia para aprimorar a visualização do fenômeno estudado e ainda podemos acrescentar o fenômeno da fusão nuclear.

Para que o educando entenda o processo de fissão nuclear, o mesmo deve entender primeiro como é a composição básica de um átomo, e para isso pode-se utilizar o software Periodic Table. O mesmo é um software gratuito que simula uma tabela periódica.

Para demonstra o fenômeno da fissão nuclear podemos utilizar o software PhET, que também é gratuito.

Prováveis questões a serem feitas:

- Como identificar um elemento químico?
- Qual a principal diferença entre fissão e fusão nuclear?

- A fissão nuclear pode ter alguma aplicação a favor da sociedade?
- Existe algo a temer com o contexto da descoberta da fissão nuclear?

3º parte do texto

Finalizamos aqui o encontro com o término da leitura do texto. Aqui enfatizamos a credibilidade da ciência para tomada de decisão de um Presidente, temos que mostrar aos educandos que a sociedade é altamente influenciada por tecnologias.

Texto 1: A ASCENSÃO DE HITLER E O EXÍLIO DOS FÍSICOS

Em 1933 Hitler assume o governo na Alemanha, inaugurando e difundindo uma poderosa ideologia de controle e poder que, alicerçada no fundamentalismo nacionalista, na perseguição aos judeus e comunistas e na superioridade da raça ariana, espalhou a perseguição, o terror e a morte na Alemanha e na Europa. Uma de suas ordens foi a queima de livros e a caça a intelectuais, artistas e cientistas considerados adversários do regime. Tais eventos provocaram o desconforto de vários Físicos importantes que, acuados pelo ditador, foram forçados a sair o país.

De acordo com Mourão (2005), algumas personalidades científicas de origem judaica, tais como Albert Einstein (1879-1954) e Max Born (1882-1970), foram obrigados a deixar a Alemanha naquele período. Alguns cientistas, como Jacob Franck (1882-1964) em Gottingen, demitiram-se em sinal de solidariedade. Outros, como Eugene Wigner (1902-1995), Leo Szilard (1898- 1964) e Edward Teller (1908-2003), deixaram a Alemanha, pois o regime nazista estava em contradição com suas convicções. Um grupo menos numeroso permaneceu na Alemanha como, por exemplo, Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassman (1902-1980). Mas, a maior parte exilou-se na Inglaterra, na França e, principalmente, nos Estados Unidos.

Como resultado, os Estados Unidos da América conseguiu formar uma das maiores comunidades de cientistas renomados que jamais tinha existido em um único país. Mesmo assim a Alemanha ainda tinha um ótimo grupo de cientistas em seu favor e, é em solo alemão que os Físicos Hahn e Strassman em 1938 descobrem e realizam o primeiro processo de fissão nuclear. Inicialmente não foi dado esse nome ao fenômeno, visto que era um resultado novo e surpreendente.

A descoberta foi de tamanha importância, que nenhuma publicação foi permitida em solo alemão e Hitler considerou o evento como um segredo de segurança nacional que não deveria ser revelado para o restante do mundo. Mas isso não impediu que Hahn e Strassman redigissem uma carta a Lise Meitner que já havia trabalhado com pesquisas nessa área. Como escrevem Moraes e Moreira (p.3), Meitner e Otto Frisch interpretaram o fenômeno como o rompimento do núcleo de urânio em dois núcleos menores. Em seguida Frisch comunicou esses resultados a Niels Bohr que discutiu sobre o processo e deu ampla divulgação ao novo fenômeno, tratando-o, a partir de então, como um processo de “fissão nuclear”. O trabalho foi publicado em 6 de janeiro de 1939.

Foi assim que a informação desse novo fenômeno saiu da Alemanha e chegou ao Ocidente, despertando a atenção dos Físicos refugiados de seus países sobre o poder desse conhecimento nas mãos de Hitler e da Alemanha nazista. Com a notícia do fenômeno de fissão nuclear se espalhando entre a comunidade científica, ficou claro que os alemães só precisavam de tempo para criar uma nova e poderosa arma de Guerra. Com isso os cientistas que residiam nos EUA iniciaram uma campanha para alertar o governo norte americano no sentido de tomar alguma providência. Enrico Fermi (1901-1954), prêmio Nobel de física de 1938, e, em seguida, Leo Szilard tentaram sensibilizar Edwin Hooper, Almirante da Marinha – na época, o único setor militar que dispunha de recursos para pesquisa. As tentativas não obtiveram êxito (MOURÃO, p. 684).

Apesar de algumas tentativas fracassadas, Szilard através do economista austríaco Gustav Stolper (1888 - 1947) fica sabendo que Alexandre Frederic Sachs (1889-1945) amigo pessoal do presidente Roosevelt, propôs a elaboração de um dossiê sobre a situação, pois o levaria ao presidente.

Com o ocorrido, Szilard voltou a se encontrar com Einstein e juntos elaboraram uma carta direcionada ao presidente norte americano. Nessa carta eles o alertavam sobre a existência de uma nova forma de energia, e que a mesma poderia estar sendo utilizada pelos nazistas para a construção de uma nova arma, de proporções catastróficas. Como na época Einstein era a celebridade científica do momento, a carta foi assinada apenas por ele.

Em 2 de agosto de 1939, ou seja, seis anos antes de Hiroshima e Nagasaki, Albert Einstein assinou o primeiro documento alertando o governo norte-americano

sobre o desenvolvimento de armas nucleares. Nele, solicitava que procurasse, com o apoio dos físicos, desenvolver um projeto destinado à construção de bombas atômicas já que havia sido interrompida a venda de urânio na Tchecoslováquia.

Como resposta a carta de Einstein recebida em 11 de outubro de 1939, Roosevelt criou o comitê consultivo do urânio, liberando uma primeira remessa financeira – o equivalente a 6 mil dólares atuais –, que era muito pequena para os propósitos dos cientistas. Uma nova carta foi escrita direcionada ao presidente, alertando-o que os alemães continuavam desenvolvendo suas pesquisas secretas que ameaçavam o mundo.

Quando em 7 de dezembro de 1941, sem declaração de guerra, os japoneses atacaram e destruíram a frota norte americana estacionada em Pearl Harbour no Pacífico, os Estados Unidos entraram na guerra decididamente e, a partir de então, um volume enorme de recursos foi injetado no projeto de construção de armas nucleares. Até o fim da guerra, foram gastos 2 bilhões de dólares (MOURÃO, p. 688).

Coincidência ou não, no dia anterior o presidente tinha autorizado a criação de um dos projetos mais ambiciosos da história norte americana, o Projeto Manhattan ou Projeto X como também era chamado na época.

Sequencia didática - 2

Objetivo

- Debater sobre os avanços tecnológicos que ocorreram na época devido a necessidade da construção da bomba nuclear.
- Debater sobre o interesse dos EUA em relação a criação da bomba.
- Mostrar que muitas das tecnologias são criadas a partir de necessidades da sociedade.

Conteúdos

- Curiosidades da engenharia utilizada no projeto (dados estatísticos).
- Métodos de enriquecimento de Urânio.

- Interesses políticos.

Material utilizado

- Texto 2: O PROJETO MANHATTAN
- Vídeo: O Projeto Manhattan (LOST WORLDS: SECRET CITIES OF THE A- BOMB), documentário da History.

Desenvolvimento da aula

- I. Neste encontro podemos pedir que os educandos façam uma leitura integral do texto, grifando os pontos em que eles acham interessante para serem comentados após a leitura.
- II. Sugerimos que o debate comece fazendo um esquema das localizações das cidades que faziam parte da construção da bomba atômica com suas respectivas funções. Este também é o momento de falar sobre os dados estatísticos da engenharia utilizada nas construções dos prédios e equipamentos.
- III. Podemos abrir o momento para debates entre os educandos, e podemos instigar o debate com a seguinte situação proposta:

Vimos que o exército Norte Americano construiu muito rápido as moradias, e com uma publicidade muito boa conseguiu atrair muitos operários para suas instalações. Com a chegada dos operários, os mesmo se surpreenderam com o que viram, pois, a “cidade” ainda não estava totalmente pronta. Vimos que eles também não sabiam o que estavam fazendo, sabiam apenas que era em pró da Guerra.

- Imagine que você está vivendo nos EUA na década de 40, e você foi convidado a trabalhar nessa “cidade”, você aceitaria o convite (lembre-se de que você não sabe exatamente em que irá trabalhar)? Justifique a sua resposta.
 - Caso você soubesse exatamente em que iria trabalhar, você aceitaria participar? Justifique a resposta.
- IV. Na sequência, já se pode explicar os processos de enriquecimento de urânio e suas eficiências.
 - V. Por fim, se debate o porquê que mesmo após a rendição dos nazistas o Projeto Manhattan continuou, e até mesmo foi acelerado.

Texto 2: O PROJETO MANHATTAN

O Projeto Manhattan foi um dos maiores empreendimentos feitos pela humanidade. O projeto como um todo envolveu mais de 400 mil pessoas (entre operários civis, militares e cientistas) e um somatório de 202 mil hectares entre área desapropriada e construída.

O objetivo desse projeto era a construção da primeira bomba atômica, e para isso eram necessários: combustível e tecnologia apropriada. Tal projeto foi dividido em três localidades distintas: as instalações de Oak Ridge no Tennessee e as instalações de Hanford em Washington que ficaram responsáveis por conseguir o combustível físsil para a fabricação da bomba. Parte da mão de obra dessas duas instalações era assumida por civis que voluntariamente queriam ajudar na Guerra, já em Los Alamos no Novo México, funcionava o centro de pesquisas, sendo operado pelos cientistas, com o propósito da obtenção de resultados para que a bomba fosse planejada, construída e testada. Neste sentido, vários dos mais brilhantes especialistas em física nuclear foram recrutados e, juntos com suas famílias, mudaram-se para um acampamento perdido no meio do deserto onde, sob forte vigilância militar, lançaram-se na aventura científica dos primeiros testes nucleares. O Projeto Manhattan tinha como responsável o General Leslie Groves, e como diretor científico o Físico Nuclear Robert Oppenheimer além de pesquisadores como Enrico Fermi, Niels Bohr, Hans Bethe e Edward Teller, entre muitos outros.

Como se sabe o combustível utilizado na construção da bomba atômica é o Urânio que se encontra na natureza como U^{235} e U^{238} . Desses isótopos apenas o U^{235} é físsil, e sua porcentagem é de apenas 0,7% de todo urânio encontrado. Já nasce aqui o primeiro obstáculo a ser superado pela Física, o de como separar um tipo de urânio do outro.

A primeira usina de processamento de urânio foi intitulada de Complexo de Segurança Nacional Y – 12. Tal complexo era constituído de nove prédios (ainda existem três nos dias atuais), gigantescos galpões construídos por engenheiros que não sabiam das dimensões do maquinário a ser instalado e, devido à incerteza “a usina elétrica de Oak Ridge, por exemplo, foi construída para fornecer eletricidade com cinco voltagens diferentes. O sistema de processamento de urânio adotado na Y – 12 foi o eletromagnético, que fora desenvolvido por Ernest Lawrence. O gás de

urânio seria colocado nas câmaras circulares de um enorme equipamento projetado para aceleração de partículas, batizado por ele de Calutron; através da criação de um campo magnético, o urânio seria acelerado através do vácuo a uma velocidade de milhares de quilômetros por segundo. Lawrence esperava obter trajetórias diferentes para os dois isótopos, recolhendo-os separadamente no final (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, P, 29).

Para a construção dos calutrons era necessário a utilização de um material que fosse bom condutor de eletricidade, como todo o cobre disponível estava sendo utilizado na fabricação de armas para guerra, o material adotado para a construção dos calutrons foi a prata. Com isso, 14 mil toneladas de prata foi retirada do tesouro nacional e levada para Oak Ridge. Cada prédio continha 36 Calutrons, totalizando 1368 calutrons, e ao final de 6 meses de funcionamento, foram obtidos apenas 3Kg de urânio enriquecido de um total de 45Kg que eram necessários. Para acelerar o processo, foram emitidas ordens de que seria necessária a construção de outro complexo de processamento de urânio, utilizando outro método de separação: a difusão gasosa desenvolvida na Universidade de Columbia. O urânio seria transformado em gás, mas desta vez o gás seria forçado a passar por uma fina barreira porosa. Como os dois isótopos de urânio tem uma pequena diferença de tamanho, supunha-se que o U – 235 passaria mais facilmente, resultando numa substância com maior concentração desse isótopo.

Para a construção do segundo complexo, intitulado de complexo K - 25, os trabalhos se deram numa localidade próxima a do complexo Y – 12. Tal complexo foi o maior prédio do mundo na época, com 800 metros de comprimento e 305 de largura, totalizando 186 mil m² de área e, por causa do terreno que não era tão extenso, foi construído no formato de U. Como o processo utilizado era o da difusão gasosa, e que deveria ser repetido inúmeras vezes, foram gastos 1220 km de tubulação de cobre, 6118 km de condutores elétricos, e por causa da corrosão causada pelo fluoreto de urânio, 1200 pessoas eram direcionadas apenas para a manutenção.

Após vários estudos os cientistas chegaram a resultados que indicavam que o plutônio, advindo do U – 238 após alguns decaimentos, também sofreria o processo de fissão nuclear ao sofrer bombardeamento, e que a energia liberada era maior que a do U – 235. Com isso foi construído outro complexo, apenas para a obtenção do Plutônio: as instalações de Hanford. Tais instalações também podem

ser justificadas pelo alto grau de confidencialidade. Ao contrário do que se pretendia, os cientistas não tinham o hábito de fazer pesquisas as escondidas, e para que tais resultados não fossem divulgados, o diretor científico Oppenheimer sugeriu isolar o grupo de cientistas que trabalhava diretamente na criação da bomba num lugar afastado e protegido, sem comunicação com o mundo externo. Ali, eles poderiam conversar à vontade sem o risco de vazamento de informações. E, obviamente, a tarefa de vigiá-los seria extremamente facilitada. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, p, 34).

Para que se construíssem os laboratórios em Los Alamos, tal localidade teve que atender alguns pré-requisitos, e um dos mais importantes, era o de ser uma região montanhosa e bem remota. Visto que os cientistas iriam trabalhar fazendo testes com combustível físsil, e que a chance de ocorrer alguma explosão acidental era eminente, as montanhas funcionariam como um escudo que fariam com que as ondas de choque fossem abafadas.

Na manhã de 16 de julho de 1945 em Alamogordo no Novo México, exatamente às 5h 29min da manhã, ocorreu o primeiro teste de uma bomba nuclear. Tal teste foi força da antecipação dos trabalhos de pesquisa, pois com a derrota da Alemanha, o general Groves ainda queria mostrar a supremacia norte-americana para o período pós-guerra.

Sequencia didática - 3

Objetivo

- Mostrar aos educandos a magnitude de destruição de uma bomba atômica.
- Mostrar o funcionamento básico de uma bomba de fissão e fusão nuclear.
- Direcionar um debate em relação ao desenvolvimento e utilização das tecnologias nucleares.

Conteúdos

- Política de interesses.
- Bomba de fissão e fusão nuclear.
- Radiação e meio ambiente.

- Interação da radiação no corpo humano.

Material utilizado

- Texto 3: UM RECADO AOS SOVIÉTICOS - LITTLE BOY E FAT MAN VÃO À GUERRA

Desenvolvimento da aula

- I. Antes da leitura prévia do texto, seria interessante que o educador junto com os educandos fizesse uma linha do tempo com os fatos ocorridos, desde o exílio dos cientistas na Alemanha até a data atual da utilização das bombas.
- II. O texto basicamente descreve quais os danos causados pelos ataques das bombas em Hiroshima e Nagasaki, com isso, podemos pedir aos educandos que façam a leitura prévia do texto, grifando os pontos que julgam importantes ou mesmo curiosos para serem debatidos posteriormente.
- III. Com o início do debate já podemos fazer alguns questionamentos que podem dividir a opinião dos educandos.
 - E aí, quais são as opções para acabar com a Guerra contra o Japão?
 - Qual dessas opções para acabar com a Guerra contra o Japão você adotaria?
- IV. Na sequência podemos abordar os danos causados pelas bombas, fazendo os educandos refletirem sobre suas opiniões. (O educador também pode procurar imagens na internet para serem utilizadas em sala de aula).
- V. Podemos abordar também as condições políticas do momento do lançamento das bombas, um fator que pode mudar a opinião dos educandos em relação as perguntas anteriores.
- VI. Nesse momento podemos abrir um parêntese para explicar o funcionamento das bombas atômicas
- VII. Após o debate sobre as condições políticas e efeitos das explosões, podemos fechar os debates com as seguintes questões norteadoras:
 - No começo da aula foi perguntado qual seria sua ação para terminar a guerra contra o Japão. Após ver todas essas imagens de destruição nas cidades de Hiroshima e

Nagasaki, caso você tivesse escolhido usar as bombas, você continuaria com essa opinião? Justifique

- Nós vimos também que o Projeto Manhattan foi criado para que os EUA conseguisse a bomba atômica antes dos Alemães, mas os alemães foram derrotados bem antes da bomba ficar pronta. Você achou correto continuar com o projeto mesmo com a derrota da Alemanha já anunciada?
- O Projeto Manhattan só ocorreu por causa da ameaça alemã. Caso os Alemães não fossem uma ameaça, e caso não tivesse acontecido a Segunda Guerra Mundial, será que teríamos nos dias de hoje a bomba nuclear, ou mesmo tecnologias nucleares?
- Como seriam os dias atuais caso essas bombas não tivessem sido utilizadas em Hiroshima e Nagasaki, será que seriam utilizadas em outras localidades, tais como na Guerra do Vietnã ou mesmo no Afeganistão?
- Nós vimos que a Física nuclear foi apresentada ao mundo na forma das bombas atômicas, e isso não foi muito agradável. Mas temos que hoje existem tratamentos contra o câncer que funcionam com os conceitos da Física Nuclear. Sabendo dessas duas formas de utilização, na sua opinião, foi de grande valia manter o Projeto Manhattan para que se alcançasse a bomba atômica, de forma a ser as bases para as aplicações na medicina atual, mesmo com tanta destruição?

Texto 3: UM RECADO AOS SOVIÉTICOS - LITTLE BOY E FAT MAN VÃO À GUERRA

Embora a Alemanha de Hitler já derrotada, o Japão ainda resistia em continuar lutando. Seus soldados e chefes militares estavam dispostos a lutarem até a morte e, mesmo com tal disposição, a derrota do Japão era apenas uma questão de tempo.

O serviço secreto norte-americano capturou e transcodificou uma mensagem dirigida pelo Ministério das Relações Exteriores do Japão a seu embaixador em Moscou, Naotake Sato. A mensagem orientava que Sato procurasse os soviéticos para negociar com os Aliados sua rendição, com a única condição de o Japão manter no poder a figura do imperador Hirohito. Portanto em julho de 1945 o governo norte-americano já estava ciente que o uso da bomba atômica seria um

recurso militar desnecessário, e que seria possível acabar com a guerra no pacífico apenas com o uso da diplomacia.

Apesar disso, decidiram ignorar a disposição japonesa em render-se. Truman queria colocar um final capaz de revelar ao mundo – à União Soviética em particular – toda a extensão do poderio bélico conquistado pelos Estados Unidos. Era preciso aproveitar a ocasião para realizar uma espetacular demonstração de força, capaz de tornar claro que eram os norte-americanos os verdadeiros vencedores da Segunda Guerra Mundial, e os detentores da supremacia na montagem da nova ordem internacional. Sobretudo, era preciso que os soviéticos compreendessem com toda a clareza que os Estados Unidos não só dispunham da bomba atômica, como também não hesitariam em usá-la toda vez que seus interesses políticos fundamentais estivessem em jogo. Por outro lado, os cientistas envolvidos no projeto também não pensaram em parar e, mesmo sabendo que a motivação primeira – derrotar a Alemanha – já havia mudado, queriam ver o sucesso do projeto. A esse respeito, o físico americano Richard Feynman afirmou o seguinte: *“O que eu fiz de imoral, eu diria, foi não relembrar o motivo pelo qual eu disse que estava fazendo isso. Então, quando o motivo mudou, quando a Alemanha foi derrotada, absolutamente nada disso passou pela minha cabeça. Que significava agora que eu tinha que repensar os meus motivos para continuar. Eu simplesmente não pensei certo”*.

E sem hesitar, às 2h30min do dia 6 de agosto de 1945, hora local, o bombardeiro B29 batizado de Enola Gay (em homenagem à mãe do piloto que comandava a missão), decolou do aeroporto militar norte-americano nas Ilhas Marianas rumo a Hiroshima, sob o comando de Paul Tibbets, sendo a tripulação composta de Robert Lewis, Thomas Ferebee, William Parsons, Morris Jeppson e outros. O comandante Tibbets era o único que conhecia os possíveis efeitos da bomba que transportava, medindo 4,50 m de comprimento e 76 cm de diâmetro. Às 8h9min Hiroshima aparece entre as nuvens, e às 8h16min45s a bomba é lançada, a explosão de 60 kg de U^{235} foi equivalente a 12500 toneladas de TNT, ocorrendo 40 segundos mais tarde, a 580 metros acima da cidade, provocando a morte de 140000 civis.

A bomba atômica produziu efeitos arrasadores. Nos primeiros milionésimos de segundos, a energia térmica liberada na atmosfera transformou o ar em uma bola de fogo de aproximadamente 1 km de diâmetro. Durante alguns segundos um calor

de vários milhões de graus para sobre Hiroshima. No solo, a temperatura atinge vários milhões de graus sob o epicentro da explosão. Num raio de 1 km, tudo foi instantaneamente vaporizado e reduzido a cinzas; até 4 km do epicentro os prédios e os seres humanos sofreram combustão instantânea e espontânea; num raio de 8 km, as pessoas sofreram queimaduras de 3º grau.

Após o calor, ocorreu uma onda de choque que provocou um efeito devastador, causado pela enorme pressão devida à expansão dos gases; essa onda de choque progrediu a uma velocidade de 1000 km/h, como se fosse um muro de ar sólido. Ela reduziu a pó tudo o que se encontrava num raio de 2 km. Dos 90 mil prédios da cidade, 62 mil foram completamente destruídos. Outro efeito ainda pouco conhecido em 1945 foi a radioatividade espalhada pela explosão nuclear, que provocou câncer, leucemia e outras doenças. Ela disseminou um terror bem maior do que outras consequências, pois suas manifestações só apareceriam dias, meses e até mesmo anos após a explosão.

Em 6 de agosto de 1945, a Casa Branca comunicou o bombardeio de Hiroshima ao povo norte-americano: “acabamos de lançar sobre o Japão a força de onde o Sol tira o seu poder. Nós conseguimos domesticar a energia fundamental do universo”. O presidente Harry Truman declarou: “O mundo constata que a primeira bomba atômica foi lançada sobre Hiroshima, uma base militar; nós ganhamos, contra a Alemanha, a corrida da sua descoberta. Nós a utilizamos com a finalidade de reduzir a angústia da guerra e com o fim de salvar as vidas de milhares e milhares de jovens americanos. Nós continuaremos a empregá-la até conseguirmos destruir completamente os recursos bélicos japoneses” (cf. Truman, 1955.).

Em uma entrevista a BBC na década de 80 o Físico Richard Feynman, que fez parte do Projeto Manhattan, fez uma declaração que descreve o que aconteceu em Los Alamos após a notícia da explosão da bomba sobre Hiroshima. *“A única reação que me lembro, talvez eu estivesse cego com minha própria reação, foi que houve muito alvoroço e comemoração. Houve festas, as pessoas ficaram bêbadas. Daria um contraste muito interessante entre o que se passava em Los Alamos, ao mesmo tempo daquilo que ocorria em Hiroshima [...] ao mesmo tempo em que pessoas morriam e agonizavam em Hiroshima.”*

Em 9 de agosto de 1945, às 11h2min, uma segunda bomba nuclear, a Fat man, foi lançada por Charles Sweeney, Frederick Ashworth e outros, de um

bombardeiro B-29 sobre a cidade de Nagasaki. O alvo foi trocado de Kokura para Nagasaki em virtude das más condições de visibilidade. A explosão, equivalente a 22 mil toneladas de TNT, foi obtida usando 8 kg de plutônio 239, com uma bomba de 4,5 toneladas, que provocaram a morte de mais de 70 mil civis.

Em 15 de agosto, Hirohito, Imperador do Japão, anunciou a capitulação incondicional de seu país. Ele tinha 46 anos, quando se dirigiu pela primeira vez ao seu povo para comunicar chorando, em linguagem arcaica, que o Japão perdera a guerra.

Em 2 de setembro de 1945, a rendição japonesa é assinada. Assim estava terminada a Segunda Guerra Mundial, que não acabou em 8 de maio com a capitulação do Terceiro Reich, mas em 6 e 9 de agosto de 1945, com as duas bombas que deram início à guerra fria.