
RADIOATIVIDADE E O ACIDENTE DE GOIÂNIA

F. F. de Souza Cruz
Departamento de Física – UFSC
Florianópolis – SC

Introdução

Após Goiânia, um clima de *The Day After* tem acompanhado sua população. Os meios de comunicação noticiaram, constantemente, boletins médicos, descoberta de novos focos de radiação, depósito de lixo atômico etc. Sobretudo o que transparece é a perplexidade, o pânico e a desinformação da população.

Pelas ruas, as pessoas perguntam se radiação é um vírus, se ela reproduz, ou se é contagiosa, o que é contaminação, o que é lixo atômico etc.

Neste artigo, pretende-se esclarecer alguns pontos acerca desse assunto e responder essas questões de forma acessível ao não especialista.

Em primeiro lugar, devemos enfatizar que radiação e núcleos fazem parte do nosso cotidiano. Como exemplo daquela, temos a luz solar e o raio-X, tão comuns na nossa vida. Por sua vez, os núcleos estão presentes em cada átomo de nosso corpo e em tudo o que nos rodeia.

Neste caso, é necessário saber qual tipo de radiação pode afetar nossa saúde. A que causou a tragédia de Goiânia é de origem nuclear e para compreendê-la é necessário entender o que é um núcleo e como este pode gerar diversos tipos de radiação.

Tudo o que nos cerca é constituído por átomos que se unem formando as substâncias tais como água, ferro, tecidos vivos etc. Esses átomos são formados por elétrons que giram ao redor do núcleo atômico. Este é, por sua vez, constituído por dois tipos de partículas: nêutrons e prótons.

Os diferentes núcleos presentes na natureza se distinguem pelo número de nêutrons e de prótons. Assim, o hidrogênio tem um núcleo atômico com apenas 1 próton, o oxigênio tem 8 nêutrons e 8 prótons, o carbono tem 6 prótons e 6 nêutrons.

O leitor deve estar se perguntando: já que tudo tem núcleos, por que só algumas substâncias irradiam? Bem, tudo é constituído por núcleos, porém existem aqueles bem comportados, estáveis e existem os núcleos instáveis que irradiam. A diferença crucial entre esses núcleos está de novo no número de seus componentes. Um átomo de oxigênio tem sempre 8 prótons, no entanto, existem átomos de oxigênio com um número diferente de nêutrons. Por exemplo, existe o oxigênio com 12 nêutrons, por causa desse excesso - o normal são 8 - ele se torna instável.

A instabilidade significa que o oxigênio com 12 nêutrons tem energia sobrando e que a deve jogar fora; ele faz isso emitindo radiação, isto é, irradiando.

A princípio poderíamos pensar que bastaria emitir os nêutrons em excesso, porém as leis do mundo nuclear não são tão simples assim. Na verdade os núcleos instáveis emitem diversos tipos de radiações. Estas foram denominadas pelas primeiras letras do alfabeto grego: alfa (α), beta (β), gama (γ).

A radiação α é uma partícula constituída de 2 prótons e 2 nêutrons; a β pode ser um elétron (β^-) ou um pósitron (β^+): que é um elétron de carga positiva; a γ é um raio semelhante a luz, só que, devido a sua energia, é não visível.

Assim, um núcleo instável emite radiação até que se transforma num núcleo estável e bem comportado. Em geral, o núcleo instável não emite a radiação (excesso de energia) imediatamente. Ele tem a probabilidade de emitir dentro de um certo intervalo de tempo.

Com um pouco de esforço poderíamos imaginar um núcleo instável como uma garrafa de champagne que quando agitada lança sua rolha. Ela pode lançar logo que for sacudida ou pode agüentar um pouco mais, isto vai depender de sua forma, quantidade de líquido que contém etc., isto é, de sua estrutura interna. Ela pode ainda lançar a rolha com maior ou menor força. Analogamente, o núcleo emite sua radiação com maior ou menor energia.

Suponhamos agora que se tenha uma certa quantidade de núcleos instáveis. Alguns dentre eles emitirão imediatamente a radiação e outros demorarão mais a fazê-lo. Não podemos saber qual deles vai emitila primeiro, mas com certeza podemos afirmar que, após um certo intervalo de tempo, grande número de núcleos o terá feito. Retomando nossa analogia, se tivéssemos um engradado de champagne que fosse por algum meio agitado, algumas rolhas seriam lançadas imediatamente e outras demorariam um tempo maior. Agitando diversos engradados de champagne obser-

variámos que para uma mesma marca seria possível estabelecer um intervalo de tempo no qual metade das rolhas teriam sido lançadas. Para os núcleos, o intervalo de tempo, após o qual metade dos núcleos inicialmente instáveis teria emitido a radiação, é denominado meia-vida.

Esta denominação é uma característica de cada núcleo. A meia-vida dos núcleos radioativos varia de segundos a alguns bilhões de anos.

Na natureza, encontramos diversos núcleos radioativos tais como o Urânio-235 (U) com uma meia-vida de 4 bilhões de anos, o Carbono-14 (2 nêutrons a mais do que o Carbono-12) com 5730 anos, o Potássio-40etc.

Destes núcleos radioativos naturais, o último pode inclusive estar presente no corpo humano, pois os músculos e outros tecidos possuem quantidades de potássio. Porém, ele não chega a ser perigoso, pois apenas 0,01% de todos os tipos de potássio (com diferentes números de nêutrons) é radioativo.

Agora podemos falar do cézio natural, astro principal do acidente de Goiânia. Ele tem 55 prótons e 78 nêutrons e é denominado Césio-133 ($133 = 55 + 78$). Este é o único tipo de cézio encontrado na natureza e é um núcleo estável e bem com portado. O cézio do acidente de Goiânia é o Césio-137 que contém mais 4 nêutrons. Este último só pode ser obtido artificialmente em reatores nucleares e tem uma meia-vida de 30 anos.

O Césio-137 emite radiações β e χ e estas radiações podem ter efeitos benéficos ou devastadores como se tem testemunhado em Goiânia.

Como age a radiação

Todos os tipos de radiações nucleares apresentam um certo número de propriedades comuns: são invisíveis, se deslocam com velocidades elevadas e podem penetrar na matéria em profundidades variáveis. Sua ação sobre a matéria se traduz notadamente pela modificação das propriedades químicas dos átomos e moléculas. Essas mudanças podem ter efeitos diversos desde a destruição dos tecidos a modificações celulares, causando queimaduras, engendrando um crescimento desordenado das células (isto é, causando câncer em órgãos ou ossos). Pode ainda modificar a composição sangüínea, alterando o número de glóbulos brancos e vermelhos e destruir o sistema imunológico (defesa do organismo).

Esses resultados dependem de uma série de fatores: energia da radiação, tempo de exposição à radiação, parte do corpo irradiado, dose de radiação absorvida, maior ou menor sensibilidade da pessoa etc.

Isto pode ser entendido tomando como exemplo a radiação solar. Todos sabemos que uma exposição demorada à radiação do sol pode causar queimaduras e mesmo câncer de pele. O Sol produz, além da radiação visível (luz), a infravermelha e a ultravioleta. A segunda pode no máximo causar queimaduras e é importante para processos de regulação da temperatura do corpo humano. Já a ultravioleta pode causar câncer de pele e em grandes doses pode ser mortal. Ao mesmo tempo, os raios ultravioletas podem ativar certas reações que transformam o ergosterol, presente em nossa pele, em vitamina D que nos é vital. A radiação visível (luz), por sua vez, está por trás de processos tais como a fotossíntese nas plantas, regeneração de tecidos etc. Assim, dependendo da radiação e das doses absorvidas, os efeitos podem ser benéficos ou maléficos.

A radiação de origem nuclear age de forma análoga, porém as energias envolvidas são maiores.

A natureza tem diversas fontes de radioatividade às quais estamos sujeitos. Algumas delas até dentro de nós. (Das 250 gramas de potássio que temos no nosso corpo, 0,025g são radioativas.) Como em geral a radiação natural é de baixa intensidade, seus efeitos não são em geral maléficos.

Se tomarmos como padrão a dose de radiação de origem natural absorvida num ano, teremos que uma única chapa de raio X de tórax pode produzir uma dose equivalente a esta. É importante frisar que os efeitos da radiação são cumulativos, isto é, vão se somando com o tempo. Por isso é conveniente não abusar das radiografias.

Voltemos ao astro principal, o Césio-137, que é, como já vimos, um núcleo radioativo artificial cuja meia-vida é de 30 anos. Se tivermos 100 gramas dele, após três décadas, 50 gramas ainda serão radioativas; após 60 anos, 25 gramas, e assim por diante.

O Césio-137 emite radiação β e χ . O contato direto com essas radiações pode ter conseqüências graves. Ela pode, no entanto, perder boa parte de sua intensidade se interpusermos algumas barreiras sua atenuação. Em geral, o chumbo é utilizado para atenuar a radiação, e foi o invólucro de chumbo do aparelho médico de Goiânia que foi arrebatado causando a nossa tragédia.

As pessoas que entraram em contato direto ou estiveram próximas a fonte de césio receberam doses de dez ate dezenas de milhares

de vezes as doses naturais que usualmente recebemos durante 1 ano (0,1² rem por ano).

Os efeitos desta radiação podem ser avaliados se notarmos que, a grosso modo, radiações da ordem de:

- 150 a 400 rem - causam problemas digestivos leves, perda parcial dos pelos e cabelos, cansaço persistente, problemas sangüíneos sem muita gravidade, náuseas, vômitos e diarréia;
- 400 a 600 rem – provocam náuseas, vômitos, vertigens, perda dos pelos e cabelos em duas ou seis semanas, modificação da composição sangüínea. Se o sujeito não estiver em meio isolado e esterilizado e se sua flora microbiana não for controlada os riscos de morte são elevados;
- 600 a 2000 rem – ocasionam problemas sangüíneos e digestivos graves, diarréia e vômitos; há riscos de perfuração intestinal; a morte pode se seguir quinze dias após a irradiação.
- acima de 2000 rem, a morte parece inevitável.

Nesse contexto, é fundamental diferenciar entre irradiação e contaminação.

Em Goiânia, tivemos algumas pessoas contaminadas e inúmeras irradiadas. A contaminação se dá quando alguém ingere, inala ou fixa no próprio corpo, por algum meio, quantidades de material radioativo. Neste caso, a pessoa terá dentro de si núcleos instáveis, tornando-se ela mesma uma fonte radioativa. Com isso, estará sofrendo de maneira contínua os efeitos da radiação e pessoas em contato com ela serão também irradiadas.

Já uma pessoa irradiada sofre efeitos da radiação de uma fonte externa, mas quando distante desta a irradiação cessa e a pessoa não emite nem causa efeito algum sobre os que se aproximarem dela.

No acidente de Goiânia, alguns ingeriram, inalaram e passaram o pó de cézio sobre o corpo e se contaminaram de uma maneira terrível, pois o cézio possui propriedades químicas que fazem com que ele se instale nos músculos. Esse elemento pode ser eliminado do corpo de forma natural após alguns meses. Durante este período, as pessoas contaminadas

² O rem é uma unidade de medida da dose de energia originada da radiação absorvida pelo ser humano. Ela dá uma medida dos efeitos biológicos da radiação. Em inglês, rem é a abreviatura de RADIATION ABSORBED DOSE EQUIVALENT MAN.

estão sujeitas à irradiação. O processo de eliminação pode ser acelerado por ingestão de outros elementos químicos.

Após este quadro de horror, resta ainda esclarecer um outro aspecto. Como podemos nos defender da radiação?

Restringindo-nos ao problema físico, poderíamos dizer que barreiras naturais ou artificiais podem ser interpostas entre nós e as fontes radioativas atenuando esta radiação para níveis seguros. O próprio ar pode agir como atenuador. A uma distância de aproximadamente 250 m, a intensidade de radiação do cézio cai a um décimo do seu valor próximo à fonte, se houver apenas ar. Por essa razão, foi delimitada uma área de perigo em Goiânia, fora da qual os níveis de radiação são mínimos.

Para o acondicionamento do lixo atômico deve-se escolher recipientes que amenizem a radiação. Uma placa de concreto de aproximadamente 10 cm de espessura pode atenuar a radiação do cézio para um décimo de sua intensidade. Este mesmo efeito pode ser obtido com uma placa de chumbo de 2,1 cm, ou uma de ferro de 4,28 cm, ou ainda uma de alumínio de 12,9 cm e até mesmo com um recipiente de água de 29 cm.

Antes de terminarmos, é necessário frisar que o acidente de Goiânia transcende os aspectos puramente científicos. Um esclarecimento do ocorrido e do problema nuclear em geral vai tocar em aspectos políticos e sociais.

Neste artigo, visamos apenas tornar acessível um pouco do conhecimento que é fundamental para uma discussão completa do assunto.

Agradecimentos

Agradeço a Cecil Chow Robilotta, Marilena Matiko Watanabe de Moraes e José Ricardo Marinelli, pelas discussões e pela leitura crítica do artigo.

Referências Bibliográficas

1. LE DOSSIER ÉLETRONUCLEAIRE. In: Points-Science. Syndicat CFTD de l'energie atomique. Paris: Éditions du Seuil, 1980.
2. OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1982.
3. SHIROKOV, Y.; YUDIN, N. D. Nuclear Physics. Moscou: Mir Publishers, 1982. v. 2.
4. EVANS, R. D. The atomic nucleus. New York: McGraw-Hill, 1955.