

Eliminação de resíduos atômicos no que se refere à escolha de local

Por

ARTHUR E. GORMAN¹, M. ASCE

SINOPSE

O rápido progresso da indústria atômica criou uma série de problemas relativos à escolha de locais, principalmente no que diz respeito à eliminação de resíduos. A finalidade deste trabalho é discutir os problemas de eliminação de resíduos em várias instalações da Comissão de Energia Atômica e os esforços dispendidos para a sua solução.

A seleção de um local para instalação de uma usina de energia atômica constitui uma das mais importantes decisões a serem tomadas pela administração, visto que o local escolhido afeta profundamente 1) o projeto e disposição de estruturas e instalações dispendiosas; 2) o padrão das futuras ampliações; 3) as operações rotineiras e 4) no caso de ocorrências imprevistas, a segurança dos empregados, de pessoas alheias ao serviço e propriedades situadas na vizinhança da usina. Esses são fatores importantes para as normas, finanças e relações públicas da companhia.

Nessa indústria nova e em crescente expansão, talvez mais do que em qualquer outra, as decisões a respeito da escolha do local para uma usina ou grupo integrante de usinas focalizam em maior grau a natureza e quantidade de resíduos que serão ou que se espera serem eliminados. Isso acontece principalmente no caso de reatores nucleares e usinas associadas de processamento químico em que são elevados os níveis de radioatividade dos produtos e resíduos. O mesmo se aplica com algumas variações às fábricas de combustíveis nucleares e usinas de processamento de material de alimentação, laboratórios de pesquisa e demais locais em que se utilizam materiais com níveis baixos de radioatividade.

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas das relações mais importantes entre a seleção do local e eliminação de resíduos apontadas pela experiência com problemas referentes à eliminação de resíduos e saneamento do ambiente em vários estabelecimentos de produção e pesquisa que operam sob a direção da Comissão de Energia Atômica.

Experiências Iniciais

Durante a II Guerra Mundial os locais escolhidos para instalação de usinas de energia atômica de propriedade do governo eram situadas em áreas mais ou menos isoladas. (1) Essa seleção obedecia em parte a razões de segurança, porém as facilidades de água e energia eram também considerações de primeira ordem.

No período em questão houve oportunidade para avaliar os resultados da execução e prática. Novas usinas foram construídas e as antigas foram reapare-

¹ — Engenheiro Sanitário da Divisão de Engenharia da Comissão Norteamericana de Energia Atômica, (U. S. Atomic Energy Comm.) Washington, D. C.

lhadas. Muito do que então se aprendeu pode ser agora posto em prática pelas indústrias particulares à medida que a indústria de energia atômica entra numa nova era de produção pacífica.

Considerações Futuras

Graças ao relaxamento das leis de segurança no que se refere à divulgação de informação técnica e autorização para o uso mais amplo de materiais nucleares concedida pela Lei de Energia Atômica de 1945 (2), os interesses da indústria privada na exploração da energia atômica tornaram-se muito acentuados. E' provável que os grupos que irão organizar e financiar êsses empreendimentos em franca competição desejam localizar suas usinas em pontos estratégicos em relação ao mercado para seus produtos e serviços. Êsses pontos serão situados a uma distância razoável das áreas habitadas, justamente o inverso do que ocorreu durante a guerra quando o govêrno seleccionou os locais para suas usinas de energia atômica. Será útil discutir os aspectos realistas que serão defrontados atualmente por uma companhia que planeje construir uma nova usina para uso da energia atômica ou manufatura de produtos que incluam o emprêgo de materiais radioativos, ao escolher um local para essa nova empresa.

RECEIO DO PÚBLICO PELA RADIAÇÃO

Uma das primeiras considerações a serem levadas em conta é o possível receio por parte da população de comunidades próximas em face dos riscos reais ou imaginários que poderiam advir da instalação de uma usina utilizando energia nuclear. Essa possibilidade cria um problema delicado para as relações públicas. Embora a maior parte das autoridades públicas dêem boa acolhida ao desenvolvimento de novas indústrias em suas áreas, quando se trata de uma usina que se propõe a utilizar materiais nucleares, podem demonstrar certa preocupação quanto ao futuro impacto dessa nova indústria sobre a saúde e segurança da população e vantagens do ambiente de suas comunidades. Êsse temor é inteiramente compreensível.

A experiência tem demonstrado que o maior receio por parte das autoridades quanto à localização de usinas de energia atômica nas áreas sob sua jurisdição diz respeito ao armazenamento, eliminação ou destino dos resíduos radioativos. O interesse demonstrado atualmente pelo público na limpêza de cursos d'água, proteção de áreas recreativas e fontes de abastecimento d'água subterrâneas e superficiais, bem como limpêza do ar, é um indicio de progresso sadio no saneamento do ambiente. Poderá significar também futuros aborrecimentos para qualquer indústria nova que inadvertidamente deixe de satisfazer requisitos razoáveis para redução de riscos decorrentes da eliminação de seus resíduos. Por outro lado, exigências descabidas para com as indústrias quanto ao grau de depuração dos resíduos podem afetar seriamente o interesse das mesmas, tanto quanto o da comunidade ou região em que uma nova indústria pretende estabelecer-se.

PROPRIEDADES CARACTERÍSTICAS DA RADIAÇÃO

Os resíduos radioativos podem se achar sob a forma sólida, líquida ou gasosa e, ocasionalmente, em estados intermidários na forma de colóides. Os problemas ligados à eliminação de resíduos radioativos são característicos. Os efeitos da radiação podem ser imediatos ou retardados. A radiação é um contaminante insidioso com efeitos nocivos crescentes sobre as células vivas. Alguns radioisótopos altamente ativos continuam a desprender energia após longos períodos de tempo — várias gerações da raça humana. Êsse aspecto é de profunda importância na avaliação dos riscos e no estabelecimento de medidas de

proteção contra os mesmos. E' um fator que nunca deve ser esquecido ao se selecionar um local para a usina e ao se planejar a eliminação e destino de produtos e resíduos radioativos no ambiente.

ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Resíduos de alto nível radioativo

Os resíduos acima podem contar até 10^2 curies por litro. Sob condições normais de operação, sua principal fonte é o processamento de elementos combustíveis irradiados. O custo⁽³⁾ do tratamento e eliminação desses resíduos é elevado.

Para que a energia nuclear possa competir favoravelmente com outros combustíveis, é essencial que se encontrem métodos menos dispendiosos de eliminação de resíduos. O corte nas despesas deve ser feito com critério, pois do contrário poderiam sobrevir riscos para o ambiente que refletiriam desfavoravelmente sobre a indústria.

As normas que regulamentam a eliminação são especialmente importantes no caso de resíduos de alto nível de radioatividade que contêm produtos da fissão⁽³⁾ de vida longa e biologicamente importantes, como o Sr^{90} e Cs^{137} e outros de meia vida mais curta como o Ce^{144} , Ru^{103} e certos isótopos de terras raras que podem ser difíceis de controlar quando eliminados no solo.

Importância futura do problema dos resíduos

A medida que a indústria progride, a diluição requerida para eliminação no ambiente de resíduos altamente radioativos e de vida longa poderia ser considerável a fim de que fosse possível satisfazer os limites permissíveis de concentrações no ar e na água para uma exposição contínua dos seres humanos. W. Kenneth Davis⁽⁴⁾, Diretor da Divisão de Construção de Reatores da Comissão de Energia Atômica, em um trabalho⁽⁵⁾ apresentado em abril de 1955 perante a Conferência Americana de Energia estimou que a capacidade da energia nuclear em serviço nos EE.UU. seria:

<i>Até fins de</i>	<i>Milhões de Kw</i>
1960	2.0
1965	5.0
1970	27.0
1975	83.0
1980	175.0

Essa energia representaria naturalmente o rendimento de muitos reatores provavelmente espalhados através de várias áreas. Entretanto, a taxa rápida do aumento estimada é digna de nota e serve para indicar a importância da solução do problema relativo à eliminação dos resíduos radioativos de vida longa e potencialmente perigosos.

Na fissão de 1 grama de urânio, 1 megavolt-dia de energia termonuclear é despreendida, ocorrendo a formação de cerca de 1 grama de produtos de fissão.⁽⁵⁾ Um ano após a remoção do reator, na hipótese de uma operação contínua e uniforme, 1 grama de produtos de fissão teria um nível de energia térmica de 1 watt, ou seja, 500 curies de radioatividade. Para a capacidade de energia nuclear calculada acima, para 1980, a produção de produtos de fissão em um ano requereria cerca de $1,85 \times 10^{18}$ galões de água para diluir o Sr^{90} (vazão de 5,3%), de modo a se obterem níveis permanentes seguros de água potável. Isso equivale aproximadamente à vazão média anual do rio Mississippi, antes do desvio para inundações 100 milhas acima de sua desembocadura, durante um período de 12.600 anos.

Disposição nos solos

A natureza dispõe de reservas em potencial para a solução de problemas do ambiente. Estas estão sendo estudadas a fim de serem aproveitadas na redução do custo de eliminação de resíduos provenientes do processamento químico de combustíveis gastos de outras fontes. Felizmente, certos solos e a carga em suspensão e do leito de muitos cursos d'água têm propriedades de absorção e adsorção da radioatividade. A capacidade de permuta dos solos por radioisótopos pode ser seriamente afetada pela presença de outros íons não radioativos nos resíduos. Esse complexo deve ser plenamente avaliado ao se decidir o grau de tratamento prévio necessário antes do lançamento dos resíduos no solo. O calor dos resíduos altamente radioativos resultante da radiação gama cria um importante problema para a eliminação desses resíduos.

Pesquisas relativas à eliminação de resíduos no solo estão sendo ativamente investigadas no Laboratório Nacional de Oak Ridge como um importante problema do ambiente associado à construção de futuros reatores para a produção de energia. Vem sendo estudada a possibilidade de eliminar esses resíduos em poços profundos ou em depressões profundas naturais ou feitas pelos sais dissolvidos de depósitos secos profundos. A Divisão de Ciências do Solo do Conselho Nacional de Pesquisas participa também destas pesquisas.

As condições exigidas para proteção do ambiente poderiam ser preenchidas fixando-se a radioatividade em colunas de argila selecionada e previamente tratada, ou outro material adequado, e em seguida elevando a temperatura suficientemente para formar uma massa cerâmica sólida de onde os resíduos não pudessem ser escoados. Essa massa poderia ser em seguida enterrada em terreno impermeável designado por um geólogo como sendo apropriado para depósito de resíduos. Pesquisas para determinar a praticabilidade desse método vêm sendo efetuadas nos Laboratórios Nacionais de Brookhaven, Oak Ridge e Los Alamos.

Separação dos isótopos importantes

Outra possibilidade de reduzir os riscos para o ambiente decorrentes da eliminação de resíduos altamente radioativos consiste em remover os isótopos biologicamente importantes e de vida longa dos resíduos, antes que estes sejam lançados fóra. Caso se adotasse tal medida, a eliminação dos resíduos no solo em áreas escolhidas poderia ser feita com muito menor risco para o ambiente.

Enterramento dos resíduos

O método de enterramento é um meio econômico de eliminar os resíduos sólidos, porém apresenta alguns problemas sérios de ambiente. A escolha dos terrenos para o enterramento pode ser feita em cooperação com um geólogo experimentado. É necessário construir uma cerca em torno dos locais escolhidos os quais devem ser bem identificados. Os terrenos para o enterramento devem ser em número reduzido, visto se tratar de áreas exclusivamente destinadas a esse fim e frequentemente tão contaminadas que são interditas para outros usos durante longos períodos de tempo.

Depósitos em tanques subterrâneos

O depósito subterrâneo sem fixação dos radioisótopos perigosos de vida longa poderia ter consequências duradouras afetando o bem estar de gerações futuras. Os locais para entérro e os tanques subterrâneos devem ser situados de modo a que, em caso de vasamento, a poluição da água do subsolo seja mínima. Preferivelmente devem ficar localizados bem acima do lençol aquífero e em terrenos impermeáveis onde qualquer vasamento se processaria com lentidão. É indispensável que se tomem medidas para uma inspeção periódica nas vizinhanças dessas áreas de depósito, a fim de se verificar a existência de qualquer vasamento.

O depósito de resíduos altamente radioativos em tanques subterrâneos, conforme se pratica atualmente, apresenta a vantagem do isolamento, dando tempo assim para a destruição da radioatividade. É necessário estabelecer medidas para remoção do calor do tanque e tais medidas são frequentemente dispendiosas. O depósito em tanques não é solução final para o problema da eliminação de resíduos; estes poderão conservar-se radioativos pelo período de um século ou mais, enquanto que os tanques em que se acham armazenados começarão a vasar e tornar-se-ão corrídos dentro de algumas décadas. Obviamente, por conseguinte, esse método de tratamento ainda envolve um perigo potencial para o ambiente.

Resíduos de baixo nível radioativo

A eliminação desses resíduos das indústrias de energia atômica apresenta também problemas para o ambiente. Trata-se de resíduos cuja radioatividade é da ordem de 10^3 ou 10^4 além dos limites permissíveis de exposição prolongada para os seres humanos. Visto as quantidades serem muito grandes, nos locais em que as condições são favoráveis à diluição atmosférica, nos cursos d'água de superfície e nos terrenos, esse tipo de eliminação apresenta possibilidades e vantagens econômicas.

Trabalhos intensivos de pesquisa para determinação dos parâmetros importantes na avaliação dos fatores favoráveis de diluição estão sendo realizados, por meio de contratos com a Comissão de Energia Atômica, pelo Serviço de Meteorologia, Serviço de Investigações Geológicas e várias grandes universidades. Além desses, o pessoal da Comissão de Energia Atômica e seus contratantes no Hanford Works em Washington, Laboratório Knolls de Energia Atômica próximo a Schenectady, Estação Nacional de Contrôles de Reatores em Idaho e Laboratórios Nacionais de Brookhaven, Argonne e Oak Ridge estão se dedicando a pesquisas semelhantes nesse campo.

Eliminação dos resíduos em áreas remotas

É razoável admitir-se que dentro da próxima década as usinas de energia atômica possam vir a ser construídas em áreas remotas através do mundo, em regiões nas quais a demanda de energia para fins especiais seja tão importante que o fator custo não assuma tanta importância. Nesse caso também, a indústria tem a séria responsabilidade de manter elevados padrões de segurança e saneamento do ambiente. Mesmo que a exposição inicial de pessoas e propriedades seja pequena nessas áreas remotas, não deve ser permitida uma atitude de inconstância ou desleixo na eliminação de resíduos atômicos. Com o progresso dos meios de comunicação e transporte para essas áreas, e talvez o uso imprevisível de seus recursos naturais, a prática negligente nessa geração visando a redução do custo poderia vir a interditar o uso desses recursos pelas gerações futuras. A história está repleta de exemplos em que as gerações subsequentes pagam pelos erros cometidos por seus antepassados.

Ampliação das usinas

Ao selecionar-se o local, deve se levar em consideração as possibilidades ou probabilidade de futuras ampliações das construções originais ou modificações dos processos funcionais que venham a envolver riscos relativamente maiores. Quando uma usina ou local projetado para um determinado fim é utilizado para outros fins, é importante que se realizem novos estudos dos serviços básicos como água, energia, etc., sistemas de eliminação de resíduos e pontos de descarga dos efluentes, a fim de verificar sua eficiência para o novo uso em vista. Essa modificação deverá ser discutida com as autoridades oficiais incumbidas do setor da saúde pública e segurança na área. Se a usina original era servida por utilidades públicas como água, energia, esgotos e outras facilidades de drenagem, tanto mais urgente será essa obrigação.

CONSIDERAÇÕES EM TORNO DA ESCOLHA DE LOCAIS

A seleção de um local para instalação de uma usina de energia atômica requer a opinião conjunta de pessoas competentes em uma variedade de setores profissionais, tais como: especialistas em física nuclear, médica e biogênética e em química física e nuclear; geólogos especializados em estruturas e água subterrânea; engenheiros químicos, sanitaristas e especializados em energia nuclear e medidas de segurança; especialistas em higiene industrial; ceramistas; biólogos; mineralogistas e geofísicos; meteorologistas, hidrólogos, projetistas de obras públicas e outros. Entre as importantes atribuições de cada um desses especialistas destacam-se: 1) escolha dos locais para as várias unidades de uma usina, utilizando ao máximo a topografia da área e as condições do ambiente; 2) facilidade de água para fins domésticos e industriais; 3) tipo, capacidade e localização do depósito de resíduos e facilidades de tratamento; 4) grau de tratamento dos resíduos requerido inicialmente e no futuro em um programa de expansão progressiva; 5) pontos e métodos de descarga dos efluentes dos resíduos; 6) locais para enterramento dos resíduos tóxicos e radioativos; 7) fatores de diluição "in natura" que poderiam ser aproveitados na eliminação de resíduos; 8) escolha de áreas estratégicas de fiscalização, para fornecimento de dados locais relativos ao ambiente e, subsequentemente, aos efeitos das operações rotineiras conseguidos na área; 9) desenvolvimento de um programa para avaliação dos riscos para o ambiente em caso de acidente grave ou transbordamento; 10) notificação imediata às autoridades públicas no sentido de que sejam devidamente prevenidas as populações e indústrias situadas fóra da área.

Geologia

A geologia de um local para instalação de uma usina de energia atômica deve ser cuidadosamente estudada antes da seleção ou projeto das estruturas a serem erigidas no local. A profundidade e natureza das camadas geológicas e a elevação em que se poderá encontrar rocha são importantes para uma estimativa do custo de excavação e projeto das fundações. São também importantes para determinar o local das estruturas subterrâneas para depósito de resíduos, como tanques, poços, caixões (cribs). lagôas e áreas para enterramento dos resíduos. Deve-se determinar a capacidade dos solos em receber e absorver ou adsorver os radioisótopos presentes nos resíduos, o que se consegue por meio de estudos de colunas nas quais se emprega material removido por meio de perfurações cuidadosas.

Em solos nos quais se tenciona instalar tubulações para transmissões e tanques para depósito de resíduos líquidos, é necessário obter informação precisa quanto à corrosividade dos solos e existência de condições que favoreçam a eletrólise. Para as grandes estruturas, tanques subterrâneos e tubulações, é importante o conhecimento da área no que se refere à frequência e intensidade de terremotos.

Quanto mais profundo o lençol aquífero, geralmente tanto mais satisfatórias serão as condições para a eliminação dos resíduos radioativos no solo. É importante conhecer a porosidade das camadas inferiores a fim de ser possível determinar a vazão da água subterrânea e dos resíduos líquidos. A elevação, direção e velocidade da vazão da água subterrânea são essenciais para as decisões relativas à eliminação de resíduos no solo.

Hidrologia

Para uma nova indústria, com resíduos característicos e necessidade de grandes quantidades de água para a troca calorífica e processamentos diversos dos materiais, é indispensável que os estudos da hidrologia da região e área em que se cogita localizar as instalações sejam minuciosos. As investigações hidrológicas deverão incluir uma lista das restrições impostas ao uso da água de mananciais existentes, os usos a montante da corrente que contribuem ou poderão contribuir com a presença de resíduos nos cursos em estudo, e os usos

da água a jusante da corrente que poderão ser afetados pelos resíduos tóxicos ou radioativos que de acôrdo com os planos irão ser descarregados ou que possam acidentalmente transbordar. A corrente e a carga do leito, podem ser de grande importância em um curso d'água usado para eliminação de resíduos radioativos. O represamento de águas, com redução da velocidade de escoamento, poderá ocasionar áreas de permanência da radioatividade mantida pela matéria em suspensão no curso. Caso isso aconteça, deve-se verificar o efeito de aumentos bruscos na taxa de escoamento superficial ao ser trazido novamente em suspensão o material depositado. As características biológicas do curso poderão exercer considerável influência sobre a absorção da radioatividade.

Meteorologia

Os dados meteorológicos referentes a um local ou área têm uma importante relação com o projeto e operação da usina.

Avaliação dos riscos.

Sob condições normais de operação podem se prever os produtos residuais de um reator ou usina de processamento químico funcionando em base contínua e planejar um programa de descontaminação local de maneira a que a diluição final dos efluentes radioativos líquidos ou gasosos descarregados seja de molde a afastar qualquer risco importante para o ambiente. Entretanto, ao se selecionar um local para tais usinas seria absurdo supor que as operações fôssem sempre normais. Na avaliação dos riscos para o ambiente, é prudente admitir algumas hipóteses pessimistas.

Os problemas de escolha do local para construção de reatores nucleares para produção de energia, e de usinas de processamento químico, exigem amplo estudo visto que em tais usinas são elevados os níveis de radiação e consideráveis as quantidades de materiais radioativos usados.

De modo geral, o que foi dito a respeito de reatores e usinas de processamento químico se aplica às usinas de processamento de combustíveis, fabricação de peças para combustíveis e laboratórios de pesquisa. Via de regra, porém, a atividade específica dos resíduos é muito mais baixa e os riscos proporcionalmente menores. Em todos os casos, entretanto, é preciso reconhecer que a manipulação de materiais radioativos encerra certos riscos de exposição para os empregados da usina e para as pessoas que habitam nas proximidades desta. Essas usinas, bem como as usinas de processamento químico, usam também grandes quantidades de produtos químicos tóxicos, como fluoretos e nitratos cujo uso, depósitos e eliminação requerem estudos especiais no que diz respeito aos riscos para o ambiente. Através de um planejamento eficiente e de uma operação cuidadosa, essas usinas poderão oferecer absoluta segurança.

O uso de radioisótopos na pesquisa médica, biológica, agrícola e industrial está se difundindo e a escolha de locais para trabalho dêsse tipo requer também estudos cuidadosos com respeito à eliminação de resíduos.

Considerações sobre seguros

A administração da maioria das indústrias procura alguma forma de seguro contra acidentes que possam afetar seus empregados, suas usinas, instalações, assim como a vida e propriedade dos residentes de áreas vizinhas. Nas usinas que utilizam energia atômica, o problema de seguro é complicado. A experiência passada é pequena para permitir estabelecer uma probabilidade de ocorrência de acidentes graves. Os riscos potenciais de um incidente e suas conseqüências, especialmente tratando-se de reatores e usinas de processamento químico, dão motivos para preocupação.

A alternativa para a seleção de um local que envolva riscos remotos para o ambiente em caso de acidente grave é isolar o reator no interior de uma armadura suficientemente forte para resistir a uma explosão e impedir a perda de produtos de fissão e outros materiais perigosos que possam ser descarregados. Um exemplo é a esfera de aço de 225 pés de diâmetro e cerca de 1 poleg. de es-

pessura que envolve o reator, teste submarino em West Milton, New York. O custo suplementar de uma proteção desse tipo para um pequeno reator de pesquisa ou para um grande reator de energia poderá ser inferior ao custo representado pela localização do reator a uma distância maior da área a que irá servir.

Em conclusão, há provas satisfatórias de que é possível por meio de um planejamento cuidadoso localizar as usinas de energia atômica para usos pacíficos a uma distância razoavelmente próxima das áreas habitadas. Essa nova indústria pode evitar os erros cometidos por outras grandes empresas industriais do passado as quais, ao selecionarem o local, muitas vezes sacrificavam o interesse coletivo a um entusiasmo não raro prematuro pela sua futura expansão.

REFERÊNCIAS

- 1 — *Atomic Energy Development, 1947-48*, 4 th Semi-Annual Report, U. S. A. E. C., Superintendent of Documents, Washington.
- 2 — *Atomic Energy Act of 1954*, Public Law 703, 83 rd. Congress, U. S. government Printing Office, Washington.
- 3 — WOLMAN, A., e A. E. GORMAN, "Disposing of Radioactive Wastes", *Mechanical Engineering*, Vol. 77, N.º 4, April 1955.
- 4 — *Engineering News Record*, Mc Graw Hill Publ. Co., pg. 154, vol. 21-2, April 21, 1955.
- 5 — GLASSTONE, S., "Sourcebook on Atomic Energy", D. Van Nostrand Co., pg. 374, U. S. A.

tubo tipo "esgôto" - de cimento-amianto

o tubo que se tornou necessário

17 anos de experiência no Brasil
e o seu emprego generalizado
em grandes cidades, tais como:
S. Paulo, Santos, Fortaleza,
Manáus, Campos, etc.,
garantem a sua eficiência
e durabilidade.



único de fabricação
monolítica de ponta e
bolsa, rigorosamente
dentro da norma
EB 69-R da A.B.N.T.

s. a. tubos brasilit - marconi 131 • 34-4127
distribuidores em todo o Brasil