

BR8920811

ISSN 0101-3084

CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

EMBALAGEM PARA TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO FINAL
DE REJEITOS RADIOATIVOS

Achilles Alfonso Suarez

PUBLICAÇÃO IPEN 240

JANEIRO/1989

SÃO PAULO

**EMBALAGEM PARA TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO FINAL
DE REJEITOS RADIOATIVOS**

Achilles Alfonso Suarez

DEPARTAMENTO DE CICLO DE COMBUSTÍVEL

**CNEN/SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO – BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E52.00

**INTERMEDIATE-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
LABELLING
LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
PACKAGING
WASTE TRANSPORTATION**

IPEN - Doc - 3117

Aprovado para publicação em 13/12/88.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

RADIOACTIVE WASTE PACKAGING FOR TRANSPORT AND FINAL DISPOSAL

Achilles Alfonso Suarez

ABSTRACT

Prior and after the conditioning of radioactive wastes is the packaging design of uppermost importance since it will be the first barrier against water and human intrusion. The choice of the proper package according waste category as well the criteria utilized for final disposal are shown.

EMBALAGEM PARA TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO FINAL DE REJEITOS RADIOATIVOS

RESUMO

Antes e após o condicionamento de rejeitos radioativos e o projeto da embalagem de extrema importância pois será ela a primeira barreira contra a água e a intrusão humana. A escolha adequada da embalagem de acordo com a categoria dos rejeitos bem como os critérios utilizados para a deposição final são mostrados.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REJEITOS SÓLIDOS DE NÍVEL BAIXO	2
3.	REJEITOS LÍQUIDOS DE NÍVEL BAIXO	2
4.	EMBALAGEM PARA REJEITOS CONDICIONADOS	3
5.	TRANSPORTE DE REJEITOS CONDICIONADOS	9
6.	ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA	13
7.	DEPOSIÇÃO FINAL	14
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

1. INTRODUÇÃO

Rejeitos radioativos são produzidos durante a operação de centrais nucleares, em instalações de pesquisa, em aplicações médicas, em aplicações industriais etc e até mesmo durante o tratamento e condicionamento dos mesmos.

Quando os rejeitos são gerados em locais diferentes, nas instalações nucleares, devem ser embalados e transportados para um local de armazenagem temporária para que possam ser tratados e condicionados. Uma série de recipientes, caixas, instrumentos para embalagem e veículos especiais devem fazer parte do sistema integrado de gerenciamento de rejeitos.

Os rejeitos após terem sido tratados e imobilizados devem ser embalados para transporte e deposição final. Os níveis de radiação apresentados pelos vários tipos de rejeitos radioativos têm um impacto apreciável sobre os métodos e equipamentos a serem utilizados para embalagem e transporte. As restrições sobre o tamanho, peso e conteúdo de atividade dos embalados bem como as exigências dos testes regulatórios limitam os tipos de configurações das embalagens.

As avaliações quantitativas dos riscos radiológicos associados com a operação de transporte devem ser feitos tanto para os trabalhadores como para o público. Um sistema de garantia de qualidade deve ser preparado de forma a garantir que todos os aspectos do processo de embalagem e transporte estejam de acordo com os critérios rígidos de segurança recomendados(1) pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) ou estabelecidos pelos regulamentos de proteção radiológica de cada país.

O transporte de rejeitos radioativos de nível baixo pode ser feito sem blindagem com manuseio direto. Para os rejeitos de nível medio é necessario usar blindagem e o manuseio é feito de forma indireta ou remota. Existem e estão em uso, nos diversos países, vários tipos de embalagens e sistemas de blindagem para o manuseio e transporte dos rejeitos, com formas diferentes, tamanhos variados, materiais e tipos de construção.

Os embalados, resultantes do condicionamento dos rejeitos, são usualmente colocados em instalações para armazenagem temporária por períodos que podem variar de alguns meses a alguns anos. A razão principal para se fazer uma armazenagem temporária é que usualmente o repositório final não esta disponível. A necessidade de se manusear os embalados, após vários anos de armazenagem temporária, exige uma embalagem com estabilidade específica contra a

corrosão. Além disso, a embalagem deve garantir a função de barreira sob condições normais e em certos tipos de acidentes.

2. REJEITOS SÓLIDOS DE NÍVEL BAIXO

Os rejeitos radioativos sólidos devem ser segregados sempre que possível no local de origem. Os rejeitos sólidos combustíveis e compressíveis usualmente são coletados em sacos de polietileno ou PVC. Para os rejeitos não combustíveis e não compressíveis tais como vidraria, peças metálicas etc que requerem embalagens mais resistentes podem ser utilizadas caixas de papelão ou recipientes metálicos revestidos de plástico. Todos os recipientes devem ter etiquetas fornecendo informações sobre o seu conteúdo e taxa de exposição superficial, bem como serem identificados com o símbolo de radiação de maneira a não serem confundidos com os recipientes para materiais inativos.

Quando estes recipientes primários estiverem preenchidos devem ser lacrados e coletados, em tambores de aço de 200 L com tampas, e removidos até as instalações de tratamento ou armazenagem temporária.

Os tambores de aço usados como embalagens para coleta e transporte para a área de armazenagem ou instalações de tratamento devem ser cobertos com uma pintura de proteção, tipo epoxi, para facilitar eventuais descontaminações e proteger o tambor contra ataques ácidos ou alcalinos.

Os veículos para o transporte dessas embalagens devem, se possível, ser utilizados apenas para essa finalidade e devem ser monitorados rotineiramente para verificar possíveis contaminações.

Materiais especiais contaminados, tais como filtros HEPA, e outros itens volumosos devem ser embalados individualmente em folhas de plástico e transportados para a área de estocagem provisória ou de tratamento em veículos de transporte apropriados.

3. REJEITOS LÍQUIDOS DE NÍVEL BAIXO

Os rejeitos líquidos de nível baixo com conteúdo de radioatividade menor do que 3.7 GBq/m³ (0.1 Ci/m³) são coletados normalmente nos locais de origem em recipientes plásticos ou em tanques de diversas capacidades construídos em aço com revestimento interno de borracha ou pintura

protetora. Frequentemente usa-se bombas para circular os rejeitos evitando assim a precipitação de partículas sólidas ou a cristalização de sais, contidos nos rejeitos. Usualmente é feito o controle da atividade dos rejeitos retirando-se amostras do tanque após a homogeneização do seu conteúdo.

A transferência ou transporte dos efluentes líquidos de nível baixo para as instalações de tratamento são feitas normalmente por tubulações ou carros tanques especialmente projetados para esse fim. Os rejeitos líquidos coletados em recipientes plásticos e que serão tratados devem ser transportados em recipientes rígidos, por exemplo, tambores de 200 L, para as instalações de tratamento.

4. EMBALAGEM PARA REJEITOS CONDICIONADOS

Após o tratamento e imobilização o rejeito é embalado e manuseado durante as fases seguintes: transporte, estocagem e deposição final. O recipiente para embalagem é fundamental nos procedimentos de manuseio seguro e eficiente dos rejeitos radioativos.

Um recipiente adequado para embalar os rejeitos radioativos tem como objetivo:

- atuar como um molde para receber o rejeito a ser imobilizado;
- tornar o manuseio fácil e rápido, e minimizar as exigências de espaço para armazenagem;
- prevenir a dispersão de radionuclídeos do rejeito durante o manuseio, transporte, estocagem e deposição;
- atuar como uma barreira para atrasar a liberação de radionuclídeos do rejeito imobilizado após sua deposição e como resultado de ataque químico ou em certos casos de intrusão física;
- contribuir para a blindagem da radiação se necessário.

O atendimento a essas exigências ocorre desde que certos requisitos sejam observados. Até o momento, as recomendações utilizadas para a observância daqueles requisitos são os regulamentos para o transporte seguro de materiais radioativos da AIEA(1) e os regulamentos internos a cada país.

O atendimento aqueles requisitos é obtido pela

especificação de um nível adequado de embalagem, apropriado a quantidade e natureza do material radioativo a ser transportado. Objetiva-se permitir que o embalado seja manuseado pelo transportador, tanto quanto possível, da mesma forma como qualquer outro material, potencialmente perigoso, em trânsito .

É extremamente importante, para a armazenagem temporária e deposição final, que todas as embalagens sejam cuidadosamente identificadas e que seja feito o registro de todas as informações referentes ao conteúdo das mesmas.

Atualmente vários tipos de recipientes estão em uso. Os volumes disponíveis variam de algumas centenas de litros a vários metros cúbicos e o peso do embalado final varia de algumas centenas de quilogramas a dezenas de toneladas. Os materiais utilizados em sua confecção são tipicamente o aço carbono, aço inox e concreto com espessura de parede variando de um a várias centenas de milímetros. As embalagens podem ter pinturas protetoras e incluir também blindagem para radiação. Alguns exemplos de embalagens são mostradas nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

De maneira a garantir um nível de risco de acidente baixo e uma exposição a radiação mínima, seja aos trabalhadores bem como ao público em geral, as normas da AIEA restringem o conteúdo de atividade máxima (valores A1 e A2), por embalado, bem como o nível de radiação superficial. O atendimento dessas propriedades para os rejeitos embalados corresponde a uma componente essencial do programa de garantia de qualidade. Contudo, para assegurar que aqueles valores críticos não serão excedidos, devem ser aplicados critérios estatísticos(2) bem definidos.

Aqueles embalados que apresentarem taxas de exposição na superfície acima dos níveis estabelecidos pelas normas podem ser colocados em embalagens de volume maior e o espaço entre as mesmas preenchido com concreto criando uma blindagem extra ao embalado inicial.

Os limites de taxa de dose, usados para condicionamento e transporte de rejeitos, são:

- 2 mSv/h (200 mrem/h) em qualquer ponto da superfície externa dos embalados,

- 0.1 mSv/h (10 mrem/h) a 1 metro de distância de qualquer ponto da superfície externa de cada embalado e a 2 m de distância da superfície externa dos veículos para transporte.

- 10 mSv/h (1 rem/h) a 3 metros de distância do material não blindado. Este limite aplica-se a embalagens contendo materiais de baixa atividade específica (Low Specific Activity-LSA) ou objetos contaminados

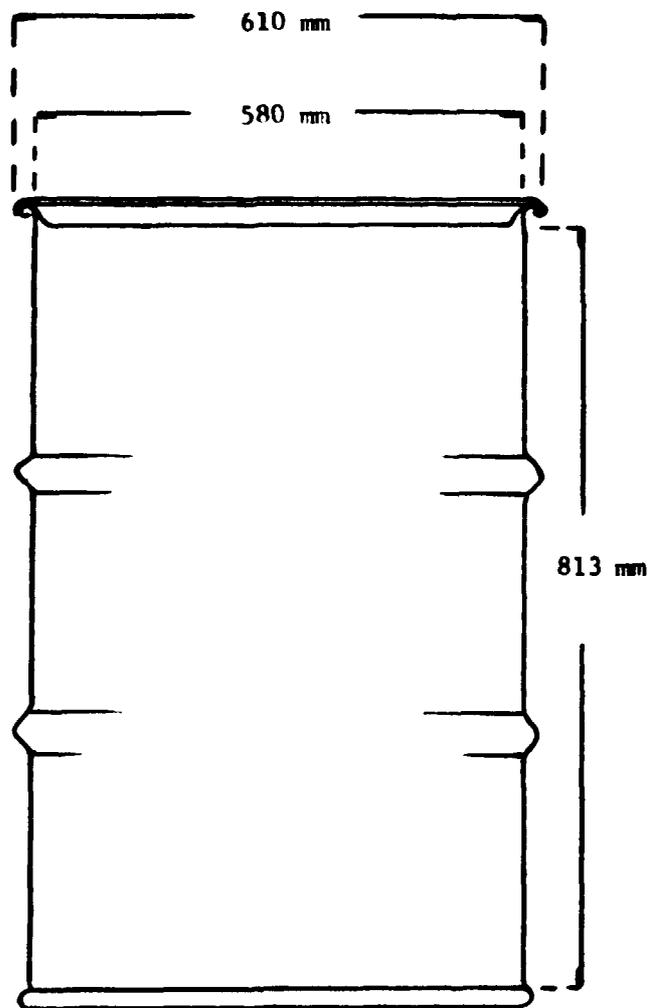


Figura 1 - Tambor em aço de 200 L.

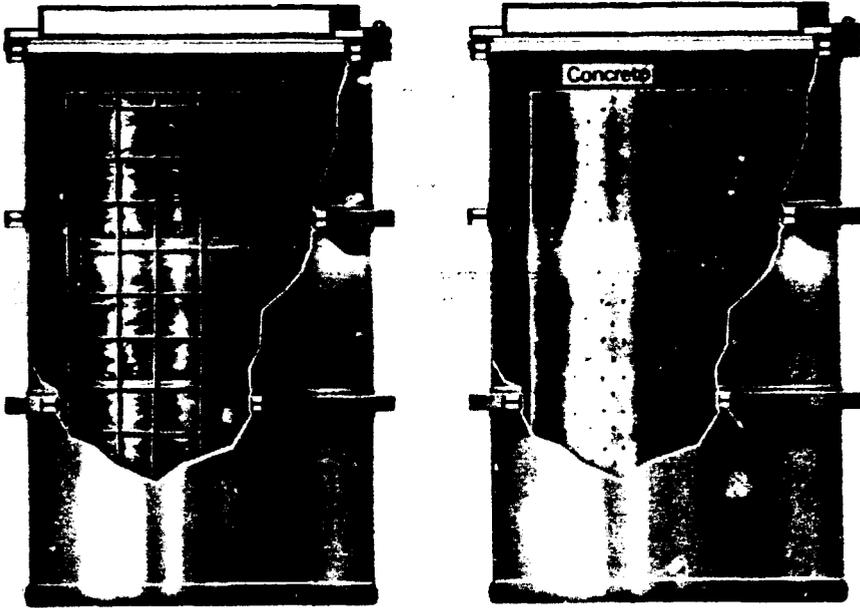


Figura 2 - Tambor de 200 L com tampa em forma de cogumelo, aparafusada.

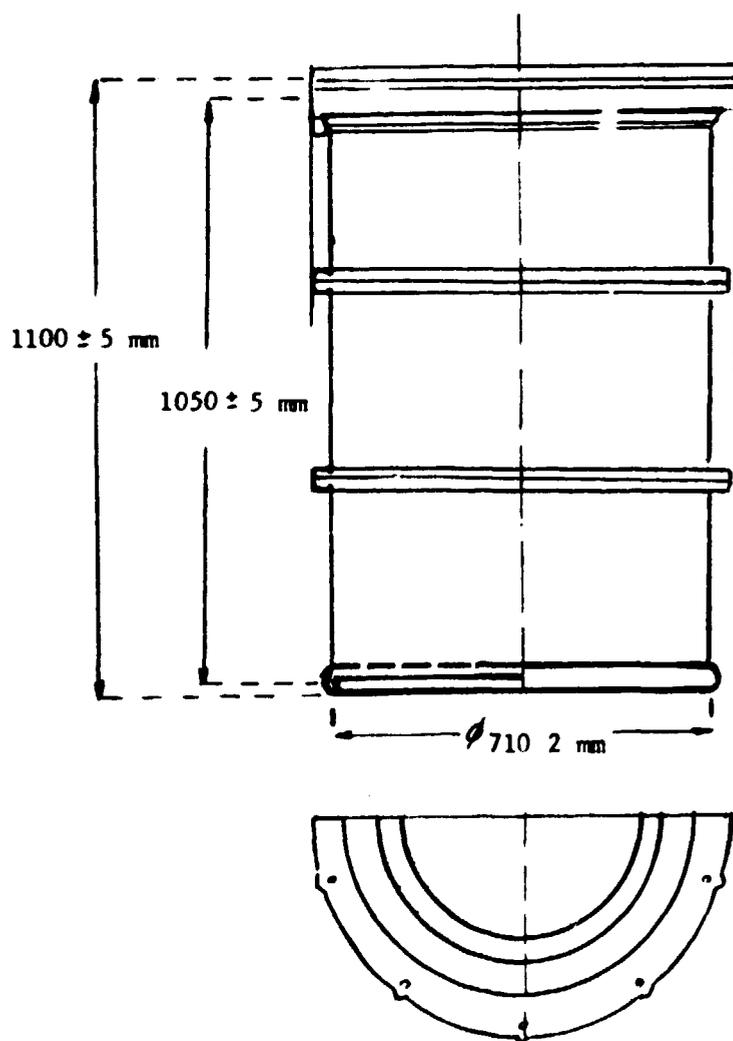


Figura 3 - Tambor em aço de 400 L com tampa parafusada.

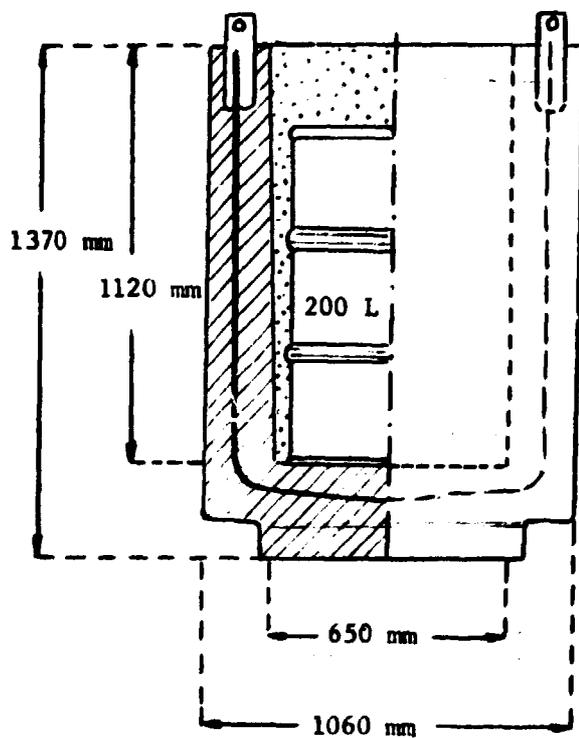
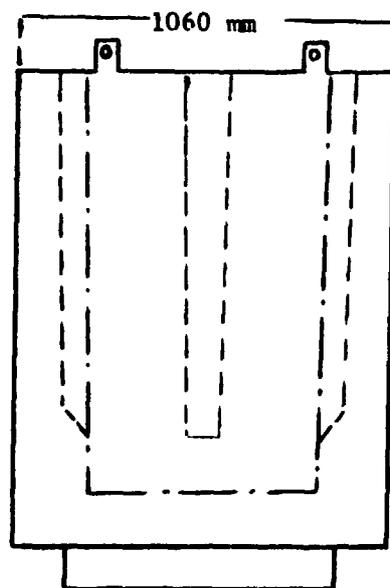
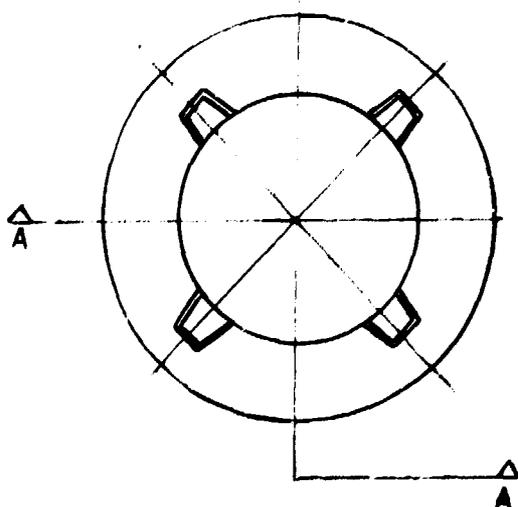
secção A-Avista lateralvista superior

Figura 4 - Blindagem de concreto
(200 mm de espessura)
comum ou pesado, para
tambores de 200 L.

superficialmente (Superficial Contaminated Object-SCO).

Quando os embalados apresentarem taxas de exposição que possam comprometer o transporte seguro dos rejeitos, costuma-se utilizar uma embalagem extra (overpack) que pode ser reutilizada posteriormente, Figura 5. Em alguns casos elas funcionam como um sistema de blindagem extra que acompanha o rejeito até a sua deposição final. Existem varios tipos de embalagens extra que permitem embalar desde um até oito embalados de 200 L ao mesmo tempo como mostra a Figura 6.

Nos últimos anos várias técnicas novas de condicionamento têm sido desenvolvidas permitindo uma redução considerável no volume final dos rejeitos. Um exemplo delas ocorre com as resinas de troca iônica utilizadas para a descontaminação do circuito de refrigeração de reatores. Estas, após um tratamento de desidratação, em que o conteúdo de água é reduzido abaixo de 50%, são colocadas num recipiente de integridade alta sem solidificação. Estas embalagens, que já são utilizadas na Alemanha, são fabricadas em ferro fundido contendo grafite em forma globular. A espessura típica, das paredes dessas embalagens, varia entre 150 e 215 mm, Figura 7.

5. TRANSPORTE DE REJEITOS CONDICIONADOS

Os rejeitos radioativos requerem transporte do local de condicionamento para as áreas de estocagem e deposição final. A segurança dessas operações é o primeiro objetivo do transporte de rejeitos radioativos. Assim, o transporte deve ser considerado uma parte integrante do sistema de gerenciamento de rejeitos.

Os níveis de radiação dos vários tipos de rejeito radioativo têm um impacto significativo sobre os métodos e equipamentos utilizados para o transporte. Os níveis baixos da radiação penetrante, característica dos rejeitos de nível baixo, permitem seu transporte sem blindagem e com operações de manuseio direto. Contudo, os níveis altos de radiação penetrante, associada com rejeitos de nível intermediário, requerem o uso de blindagem durante o transporte e operações de manuseio indireto ou remoto.

Em princípio três modos de transporte podem ser utilizados: transporte rodoviário, ferroviário e fluvial. A cada tipo aplicam-se os regulamentos para o transporte seguro de materiais radioativos da AIEA (1).

O transporte de rejeitos de nível baixo é o mais simples. O manuseio durante a carga e descarga é feito predominantemente utilizando-se empilhadeira. Os embalados

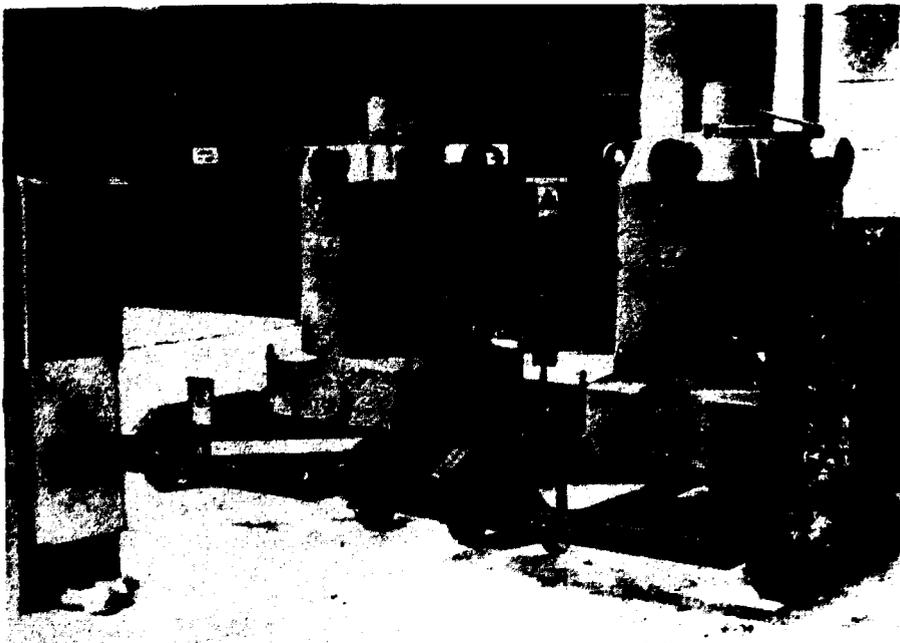
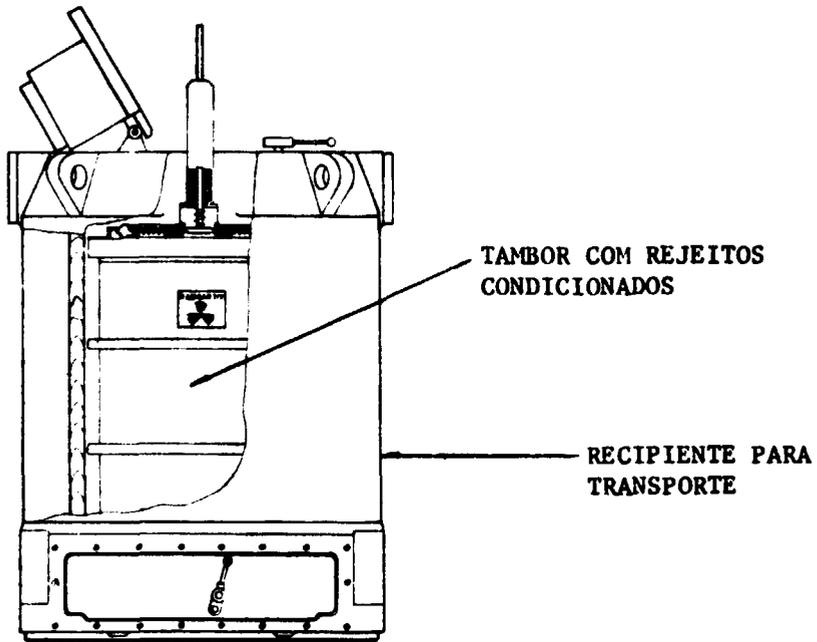


Figura 5 - Blindagem para transporte de embalados.

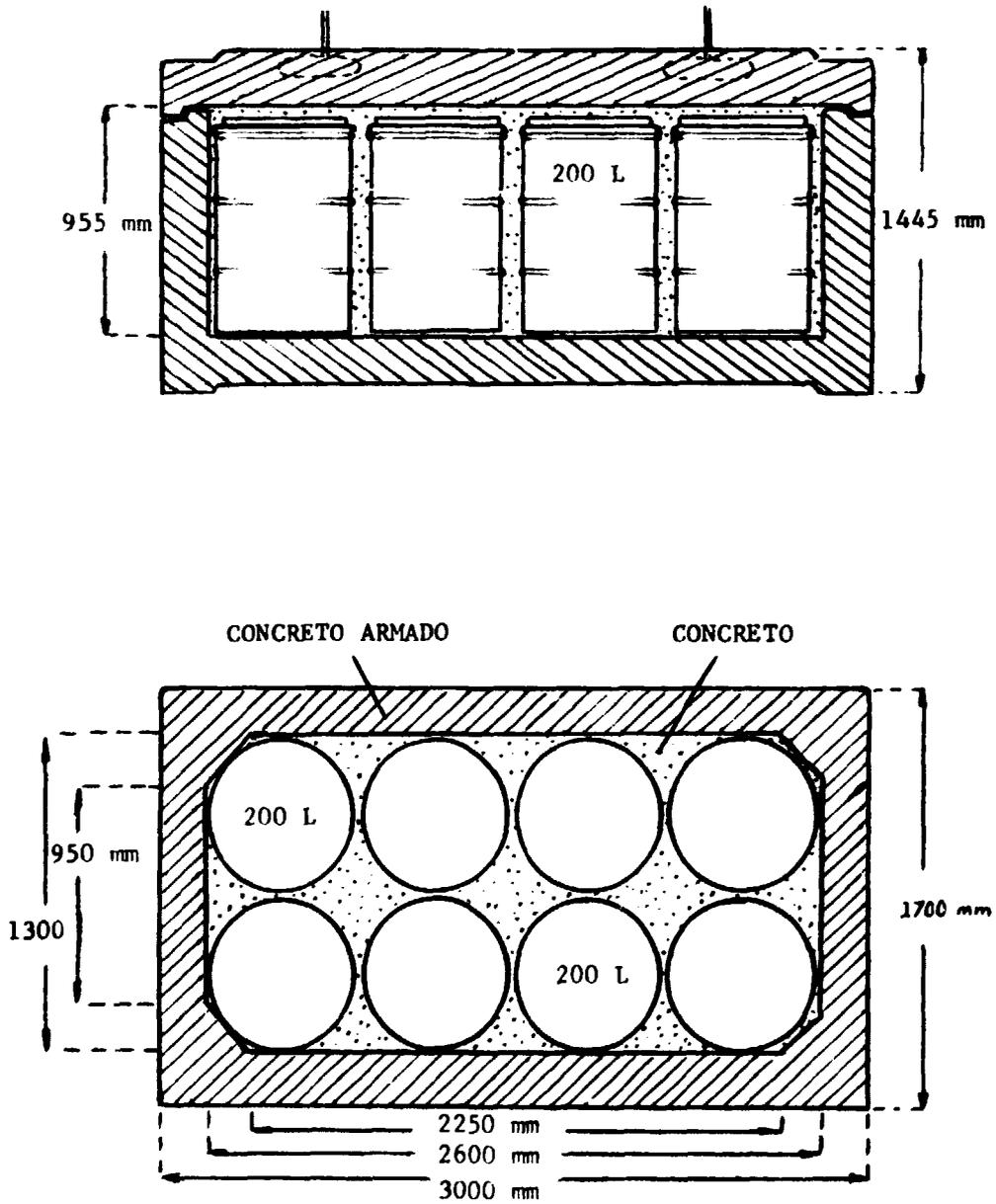


Figura 6 - Recipiente / blindagem para oito embalados.

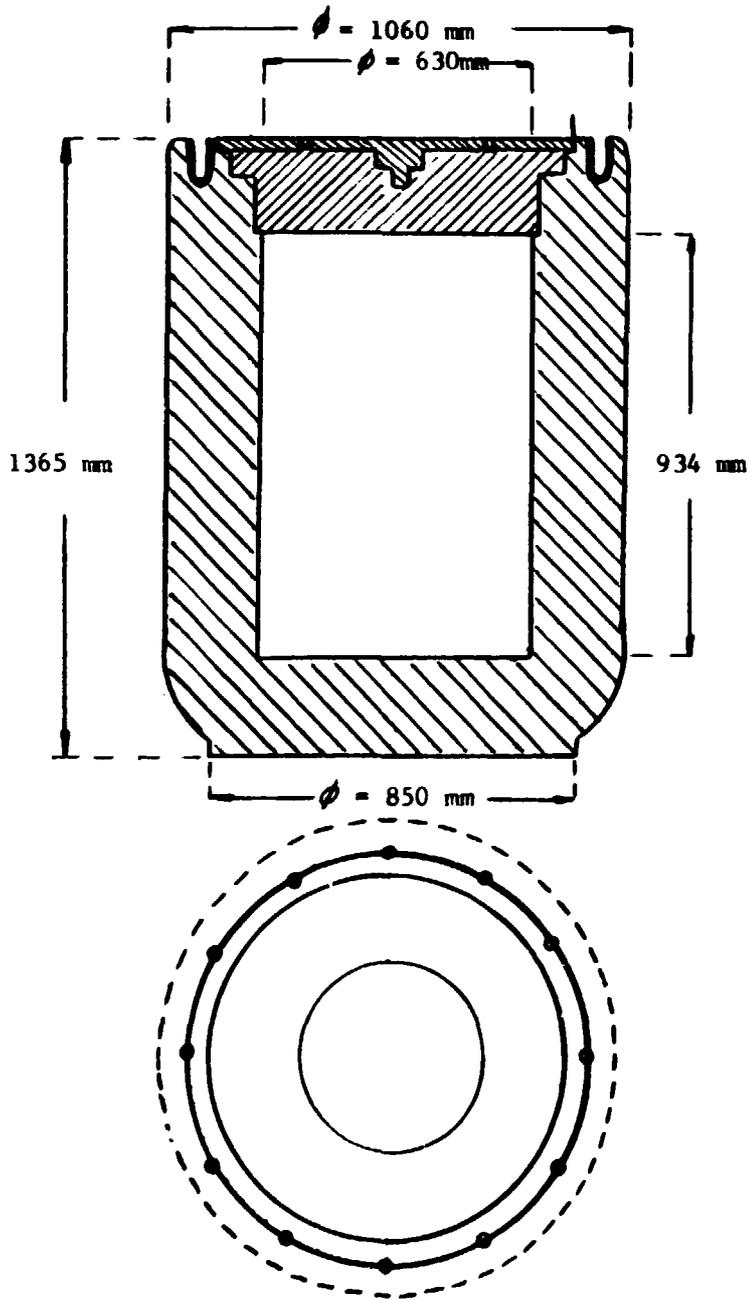


Figura 7 - Recipiente metálico de integridade alta.

usualmente são colocados em suportes de madeira (pallets) ou recipientes de transporte para facilitar os procedimentos de manuseio.

Por outro lado o manuseio de rejeitos de nível médio é mais complexo por causa da necessidade de haver uma blindagem adequada. As técnicas contudo existem e estão bem desenvolvidas facilitando as tarefas de carga e descarga por meio de controle remoto à distância.

A experiência, existente nos aspectos de transporte de material radioativo, tem mostrado que a prática utilizada até o momento é segura e adequada ao transporte de rejeitos de nível baixo e médio.

6. ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA

Instalações para armazenagem temporária devem ser utilizadas até que cada país tenha seu próprio repositório disponível. O sistema a ser utilizado para armazenagem depende do volume de rejeitos gerados. Assim, em alguns casos, recipientes ("containers") utilizados normalmente para transporte de cargas grandes podem ser utilizados como um local onde os embalados são armazenados temporariamente. Dependendo do tamanho do recipiente, podem ser armazenados entre 40 e 70 tambores. O recipiente serve também como barreira física contra a entrada de pessoas não autorizadas. Quando o repositório estiver disponível o recipiente com os embalados podem ser transportados para o repositório, sem operações intermediárias de reembalagem.

Aqueles recipientes também podem ser utilizados para armazenagem temporária de rejeitos contaminados com radioisótopos de meia vida curta, para decaimento.

Galpões, com estrutura de ferro, fechados lateralmente e cobertos com folhas conrugadas, correspondem a outra solução econômica para armazenamento temporário de rejeitos.

Construções em concreto, bem mais elaboradas, providas de ventilação, controle de temperatura, umidade, atividade etc podem também ser empregadas.

Todas as soluções devem permitir que os embalados sejam mantidos em condições de serem identificados, recuperados e transportados até o repositório final, após o período de armazenagem temporária.

7. DEPOSIÇÃO FINAL

A deposição final corresponde a colocação de materiais considerados rejeitos num repositório sem a intenção de recuperá-los.

No processo de deposição o rejeito é abandonado mas o repositório não, ficando sob inspeção durante o tempo de controle institucional.

Tanto na armazenagem temporária como na deposição final o objetivo é isolar os rejeitos radioativos do homem de forma a eliminar detrimientos inaceitáveis.

Atualmente a deposição final de rejeitos de nível baixo e médio é feita de duas maneiras: deposição subterrânea e deposição no mar. No caso de deposição subterrânea quatro tipos de sistemas são considerados viáveis. Três deles consideram a colocação dos rejeitos sólidos em repositórios de sub-superfície, repositórios situados em minas abandonadas ou cavidades rochosas e repositórios geológicos profundos cavados especialmente para a deposição de rejeitos radioativos; o outro tipo envolve a injeção de fluídos auto-solidificantes, contendo rejeitos, em fraturas de estratos de permeabilidade baixa.

O condicionamento de rejeitos e qualquer barreira adicional de engenharia, utilizada no projeto do repositório, são fatores importantes para isolar os rejeitos do ambiente humano. Também, as barreiras geológicas naturais são importantes em todos os casos, mas nas duas últimas situações elas são consideradas a última barreira para a migração dos radionuclídeos para o meio ambiente.

Os repositórios de sub-superfície são considerados adequados somente para a deposição de rejeitos de nível baixo e médio e que decaiam a níveis aceitáveis em período de tempo comparáveis ao tempo de controle institucional do repositório.

Os repositórios situados em minas abandonadas ou cavidades rochosas apresentam características muito semelhantes àquelas de um repositório de sub-superfície. Dependendo das circunstâncias, contudo, rejeitos de meia vida longa podem vir a ser colocados nesses repositórios. Um exemplo típico é a mina de sal localizada em Asse, Alemanha Ocidental e que foi explorada para deposição de rejeitos de nível baixo e médio por alguns anos até ser fechada sendo agora utilizada para estudos e testes de novas instalações. Outro exemplo é a formação granítica adjacente a uma mina de minério de ferro situada em Stripa, Suécia, que foi exaustivamente estudada a partir de 1977 e que está entrando em operação em 1988.

Os repositórios cavados em formações geológicas profundas são os mais adequados para os rejeitos de meia vida longa, mas podem ser utilizados também para os rejeitos de meia vida curta. As formações geológicas usualmente consideradas para esse tipo de repositório são: rochas sedimentares, ígneas e metamórficas (por exemplo granito, basalto e depósitos vulcânicos) e formações argilosas (por exemplo argilas e xisto).

As bases técnicas para o desenvolvimento, implementação e uso de repositórios geológicos profundos para rejeitos de nível alto e contendo emissores alfa já existem e estão sendo avaliadas por diversos países.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Regulations for the safe transport of radioactive material*, Vienna, 1985. (IAEA SS, 6).
- (2) SUAREZ, A.A., RODRIGUES, D.L. Statistical considerations on waste packages. *In: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, anais do VI Simpósio Japão-Brasil de Ciência e Tecnologia, realizado em São Paulo, 11 - 12 agosto, 1988. São Paulo, 1988. v. 60 (IV), p.334-338.*