



CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR

24 A 29 DE ABRIL DE 1968

ANAIS - PROCEEDINGS

QUALIFICAÇÃO DE UMA EMBALAGEM TIPO A PARA TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO FINAL DE AGULHAS DE RÁDIO-226

Demerval Leônidas Rodrigues
Roberto Vicente

Departamento de Ciclo de Combustível
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear-SP
São Paulo

SUMÁRIO

O Departamento de Ciclo de Combustível tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de embalagens para acondicionamento de rejeitos radioativos, inclusive fontes industriais e de radioterapia que sejam descartadas.

No presente trabalho, apresenta-se de forma detalhada, os testes de integridade da blindagem e do sistema de contenção em uma embalagem, após a realização de ensaio de queda livre, visando qualificá-la para transporte e disposição final de agulhas de Rádio-226. O ensaio de queda livre foi realizado conforme recomendações da AIEA para embalagens de transportes Tipo A - forma não especial.

A integridade da blindagem foi verificada por meio de radiometria gama na superfície da embalagem, antes e após a queda, utilizando-se uma fonte de cobalto-60 e um detector Geiger-Müller com resposta analógica calibrado em taxa de exposição.

A integridade do sistema de contenção foi verificada por meio de um detector de vazamento VEECO-LEAK DETECTOR-MS18, com sensibilidade de 3×10^{-10} atm x cm³/s equivalente em ar.

Neste trabalho apresenta-se também uma descrição da embalagem e do conjunto de dispositivos que foi construído para possibilitar o manuseio das fontes de forma segura, durante o processo de encapsulamento.

ABSTRACT

One of the objectives of the Fuel Cycle Department is to develop packages for radioactive wastes, including discarded industrial and radiotherapy sources.

This paper describes the work undertaken to qualify a package for transport and final disposal of radium needles, and gives a detailed description of the tests carried out to verify shielding integrity and containment system before and after free drop test according to IAEA recommendations for Type A, non-special form packages.

Shielding integrity was verified by gamma field scanning over the package surface, using a Geiger-Müller detector and a ⁶⁰Co gamma source.

Containment system was verified by pressurizing the specimen with helium and by searching for leaks with a He-leak detector, with sensitivity of 3×10^{-10} atm x cm³/s, air equivalent.

The package is described in detail along with the apparatus for the safe handling and packing of the radium needles.

1. INTRODUÇÃO

O rádio-226 é um material que apresenta alto risco radiológico, estando classificado entre os radionuclídeos de radiotoxicidade muito alta, pois apresenta uma energia potencial de decaimento alfa elevada (29,2 MeV) e uma meia-vida muito longa (1620 anos). Além disso os elementos filhos em sua cadeia de decaimento são metais pesados (à exceção do radônio), a maioria emissora de partículas alfa, e em conjunto com o rádio apresentam, após ingestão, meia-vida biológica elevada, ficando depositados na estrutura óssea como fontes permanentes de radiação. O radônio-222, primeiro elemento na linha de sucessão do rádio, representa um aumento do risco radiológico quando a fonte de rádio está na forma não selada ou quando, na forma de fonte selada, esta apresenta vazamentos que permitem a dispersão atmosférica do radônio que é um gás nobre que difunde facilmente. Os elementos seguintes na cadeia de decaimento ficarão então na forma de aerodispersóides apresentando um risco de incorporação por inalação.

Apesar disto, o rádio-226 vinha sendo utilizado largamente, e ainda o é, como fonte radioativa para radioterapia, na forma de agulha e aplicadores moldados, como fonte para gamagrafia industrial, e na composição de tintas luminosas para mostradores de relógio, interruptores elétricos etc.

A substituição do rádio por outros produtos ou técnicas naquelas aplicações descritas tem dado origem a uma quantidade apreciável de rejeitos radioativos que precisam ser acondicionados convenientemente para o transporte e para disposição final.

O objetivo do presente trabalho é descrever uma embalagem desenvolvida para o acondicionamento seguro e duradouro de fontes de rádio descartadas e os procedimentos para se verificar a qualidade do acondicionamento, tendo-se em vista que esta embalagem serve para o transporte, estocagem temporária e disposição final do rejeito.

2. DESCRIÇÃO DA EMBALAGEM

A embalagem para as fontes de rádio é constituída por três estruturas que desempenham as funções de encapsulamento estanque das fontes, blindagem contra radiação e "container", como mostra a figura 1.

A primeira é constituída de uma cápsula cilíndrica em aço inoxidável AISI 304, com capacidade para dois litros, com tampa flangeada e vedação por disco de cobre recozido. A função da cápsula é limitar a liberação do radônio para o ambiente⁽¹⁾. O uso do cobre como elemento vedante foi decidido após uma seleção realizada entre três materiais: borracha, alumínio e cobre. A borracha foi descartada devido à vida útil pequena que este material apresenta comparada com

o tempo de estocagem previsto. O alumínio quando em contato com o concreto sofre ataque químico e por isso foi também descartado. O cobre é usado como junta de vedação quando se requer taxas de vazamento baixas, é durável e apresenta inércia química aceitável e por isso foi o material selecionado. A estrutura que serve de blindagem é constituída de uma camada de chumbo ao redor da cápsula de aço e de um bloco de concreto armado de alta densidade, fabricado com brita e areia de barita, cuja densidade varia de 3,0 a 3,4 g.cm⁻³, dependendo da qualidade de barita e da proporção ou traço do concreto. A última camada, que é o exterior da embalagem, é constituída de um tambor comercial de ferro galvanizado, com capacidade para duzentos (200) litros.

O bloco de concreto é fabricado em duas etapas, como mostra a figura 2. Na primeira o bloco é moldado com um poço central cuja finalidade é servir de alojamento para a cápsula. Numa segunda etapa, já com a cápsula devidamente alojada, o poço é preenchido com concreto. Utiliza-se um mordente para concreto que executa uma ligação mecânica entre o concreto já curado e o concreto fresco, de modo a resultar um bloco monolítico de concreto.

3. PROCESSO DE ENCAPSULAMENTO DAS FONTES

Para o encapsulamento utiliza-se um conjunto de dispositivos, que permite o manuseio das fontes de forma segura. Neste conjunto de dispositivos a cápsula após ser colocada dentro de uma blindagem de chumbo cilíndrica com furo central passante é fixada pela parte inferior por meio de uma morse de bancada; coloca-se carvão ativo granulado dentro da cápsula até metade de sua capacidade, coloca-se as fontes e completa-se o enchimento da cápsula com carvão. Por meio de flange e do disco de cobre lacra-se a cápsula. A função do carvão é retardar o escape do radônio para que este decaia dentro da cápsula.

4. REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE QUEDA LIVRE

De acordo com as recomendações da International Atomic Energy Agency⁽¹⁾, os testes necessários para aprovação de uma embalagem Tipo A forma não especial são: teste de compressão, teste de aspersão de água, teste de penetração e teste de queda livre. Devido às características de projeto e construção apresentada por esta embalagem, faz-se necessária a realização apenas do teste de queda livre por ser este ensaio o mais severo para verificação da integridade da blindagem e do sistema de contenção. A integridade da blindagem é verificada por radiometria gama e a integridade da contenção é verificada por meio da técnica do "detetor de vazamentos de hélio". Esta técnica apresenta sensibilidade compatível com as taxas de vazamento esperadas.

Para a verificação da integridade de blindagem no ensaio de queda foi utilizada uma fonte de Co-60 de 25 mCi. A fonte foi colocada no centro da cápsula com o auxílio de um tarugo de madeira que serviu de suporte e alojamento da fonte. Na tampa flangeada da cápsula foi instalado um tubo de cobre, mostrado na figura 3, para permitir a pressurização da cápsula com He após o fechamento. Com exceção destes dois detalhes a embalagem utilizada para o ensaio é igual às que serão utilizadas para o transporte e armazenamento das agulhas de rádio.

A seguir descreve-se detalhadamente toda a sequência de preparação e realização do ensaio de queda livre de uma altura de 1,2 m, feito nas instalações do Núcleo de Embalagens e Acondicionamento do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT.

PREPARAÇÃO DA EMBALAGEM

- A fonte de Co-60 foi colocada no centro da cápsula;
- a cápsula foi fechada e através do tubo de cobre foi injetado He a 20 atmosferas. Pinçou-se o tubo em duas posições e depois soldou-se a ponta;
- para verificar a eficiência do sistema de contenção, verificou-se a existência de vazamento na flange, nas soldas e no tubo de cobre por meio de um detector de vazamento VEECO-LEAK DETECTOR-MS18 com sensibilidade igual a 3×10^{-10} atm x cm³/s equivalente em ar;
- a cápsula foi alojada dentro da embalagem de concreto e o espaço disponível foi preenchido com concreto de barita;
- a superfície lateral e a tampa da embalagem foram mapeadas como mostra a figura 4, num total de 153 pontos. Aquela figura é a superfície lateral desenvolvida da embalagem;
- os pontos foram monitorados por três vezes, usando-se um detector Geiger-Müller.

REALIZAÇÃO DO ENSAIO

- Com o auxílio de uma ponte rolante a embalagem foi levantada a uma altura de 1,2 m, direcionada de forma a receber o impacto da queda na posição do fecho que prende a tampa da embalagem;
- a embalagem foi solta e caiu em queda livre sobre uma base sísmica;
- monitorou-se novamente todos os pontos mapeados;
- verificou-se a existência de vazamentos na superfície de embalagem próxima ao lacra. Removeu-se a tampa da embalagem e fez-se nova verificação, inclusive no tubo de cobre. Este foi então rompido para se constatar a liberação do gás.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A integridade de blindagem foi verificada por meio de radiometria gama na superfície da embalagem, antes e após a queda.

Os valores das taxas de exposição (\dot{X}) em $\mu\text{C.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ obtidos nas leituras anteriores e posteriores à queda estão indicados na tabela 1 e 2.

As variações nas leituras antes e após a queda se devem a flutuações aleatórias da taxa de exposição quando os valores estão próximos da radiação de fundo ou se devem a flutuações de leitura ligadas à precisão do aparelho, estando neste caso abaixo de 20%.

A integridade de contenção foi verificada por meio de um detetor de vazamento com sensibilidade igual a 3×10^{-10} atm x cm^3/seg . As leituras efetuadas antes e após a queda indicaram a inexistência de taxas de vazamento superiores ao limite de sensibilidade do aparelho.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos dentro do limite de sensibilidade dos equipamentos utilizados e desprezando-se as diferenças oriundas de flutuações aleatórias da taxa de exposição, indicam que as condições de blindagem e contenção se mantiveram inalteradas após a queda da embalagem.

A embalagem descrita, satisfaz as condições exigidas para embalagem de transporte Tipo A-forma não especial e apresenta características que a qualificam como embalagem para disposição final de fontes radioativas com meia-vida longa e que liberam gases radioativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VILLALOBOS, J. P.; VICENTE, R.; SUAREZ, A. A. Design of a package for encapsulation, transport and final disposal of discarded radium needles. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Management options for low-and intermediate level wastes in Latin America: Proceedings of a seminar on ... held in Rio de Janeiro, 13-16 Oct., 1986. Vienna, 1986. (IAEA-SR-110/17) (Published in summary form).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Regulations for the safe transport of radioactive material. Vienna, 1985. (Safety Series nº 6).

Tabela 1 - Valores das taxas de exposição (\dot{X}) na superfície lateral da embalagem, obtidos nas leituras anteriores e posteriores à queda.

Ptos	\dot{X} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$]	\dot{X} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$]	Ptos	\dot{X} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$]	\dot{X} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$]
01	0,17	0,17	51	0,90	0,90
02	0,22	0,22	52	1,50	1,40
03	0,31	0,30	53	1,60	1,50
04	0,54	0,57	54	1,50	1,50
05	0,82	0,85	55	1,40	1,30
06	1,20	1,20	56	1,10	1,00
07	1,60	1,60	57	0,23	0,20
08	1,70	1,70	58	0,28	0,25
09	1,80	1,70	59	0,40	0,35
10	1,80	1,70	60	0,72	0,65
11	1,40	1,40	61	1,30	1,20
12	0,73	0,70	62	1,90	1,70
13	0,53	0,50	63	2,40	2,20
14	0,30	0,30	64	2,20	2,20
15	0,22	0,22	65	2,40	2,10
16	0,14	0,16	66	2,30	2,20
17	1,30	1,20	67	1,70	1,60
18	1,80	1,80	68	1,00	0,98
19	2,10	2,00	69	0,79	0,70
20	2,20	2,00	70	0,39	0,25
21	2,00	2,00	71	0,27	0,18
22	1,50	1,40	72	0,19	0,16
23	1,60	1,60	73	1,70	1,60
24	2,10	2,00	74	2,30	2,20
25	2,30	2,40	75	2,60	2,60
26	2,40	2,40	76	2,50	2,40
27	2,20	2,00	77	2,20	2,10
28	1,80	1,70	78	1,80	1,70
29	0,20	0,20	79	1,30	1,20
30	0,24	0,25	80	2,10	2,00
31	0,34	0,34	81	2,50	2,50
32	0,51	0,57	82	2,40	2,40
33	0,85	0,92	83	2,20	2,10
34	1,40	1,20	84	1,60	1,60
35	1,90	1,90	85	0,17	0,14
36	2,20	2,20	86	0,22	0,21
37	2,10	2,10	87	0,28	0,26
38	1,80	1,80	88	0,41	0,42
39	1,50	1,40	89	0,67	0,60
40	0,91	0,85	90	0,84	0,78
41	0,65	0,63	91	1,40	1,30
42	0,40	0,40	92	1,50	1,60
43	0,22	0,24	93	1,50	1,50
44	0,14	0,17	94	1,30	1,30
45	1,00	0,98	95	1,10	1,10
46	1,40	1,40	96	0,72	0,72
47	1,70	1,60	97	0,50	0,42
48	1,80	1,80	98	0,31	0,33
49	1,50	1,50	99	0,22	0,22
50	1,20	1,30	100	0,15	0,13

Cont...

Ptos	\bar{x} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	\bar{x} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	Ptos	\bar{x} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	\bar{x} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]
101	0,92	0,85	107	1,00	1,00
102	1,30	1,30	108	1,50	1,50
103	1,40	1,40	109	1,60	1,60
104	1,50	1,40	110	1,50	1,60
105	1,20	1,20	111	1,30	1,20
106	1,10	1,10	112	1,10	1,10

Tabela 2 - Valores das taxas de exposição (\bar{x}) na tampa da embalagem, obtidos nas leituras anteriores e posteriores à queda.

Ptos	\bar{x} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	\bar{x} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	Ptos	\bar{x} antes da queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]	\bar{x} após a queda [$\mu\text{C.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]
01	1,70	1,60	22	0,39	0,45
02	1,80	1,80	23	0,28	0,28
03	1,00	1,10	24	0,47	0,45
04	1,70	1,60	25	0,27	0,26
05	1,50	1,30	26	0,24	0,26
06	1,80	2,00	27	0,24	0,24
07	1,30	1,00	28	0,29	0,28
08	1,60	1,60	29	0,22	0,22
09	1,30	1,10	30	0,27	0,32
10	1,00	1,20	31	0,23	0,24
11	0,49	0,45	32	0,30	0,30
12	0,57	0,58	33	0,24	0,25
13	0,92	0,90	34	0,22	0,22
14	0,85	0,80	35	0,23	0,21
15	0,59	0,56	36	0,24	0,23
16	0,90	1,00	37*	0,21	0,13
17	0,48	0,42	38	0,24	0,22
18	0,29	0,26	39*	0,20	0,14
19	0,44	0,48	40	0,24	0,24
20	0,38	0,40	41	0,21	0,21
21	0,38	0,40			

(*) Local onde ocorreu deformação na tampa da embalagem.

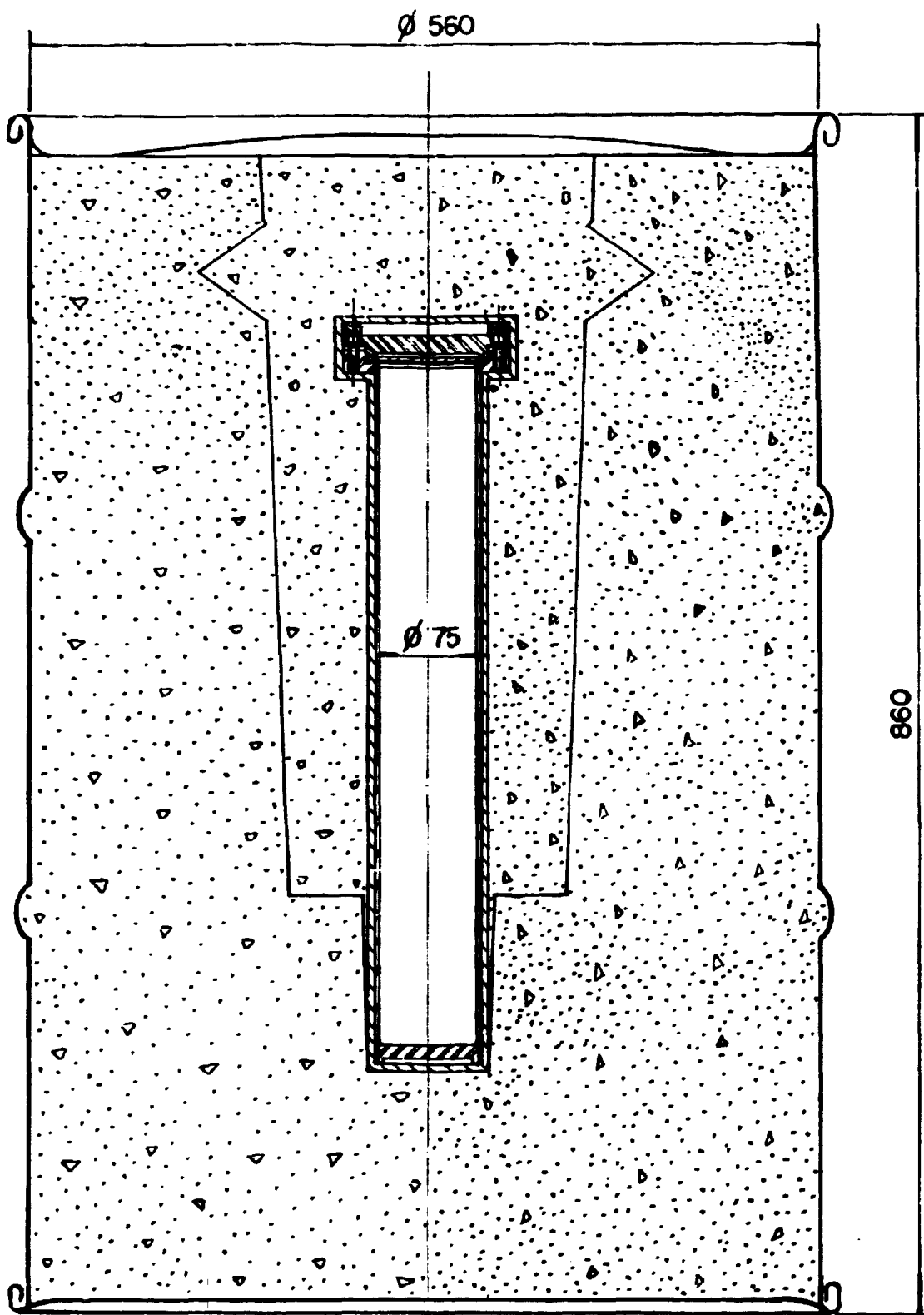


FIGURA 1 - EMBALAGEM PARA TRANSPORTE E ACONDICIONAMENTO
DE AGULHAS DE RÁDIO-226.

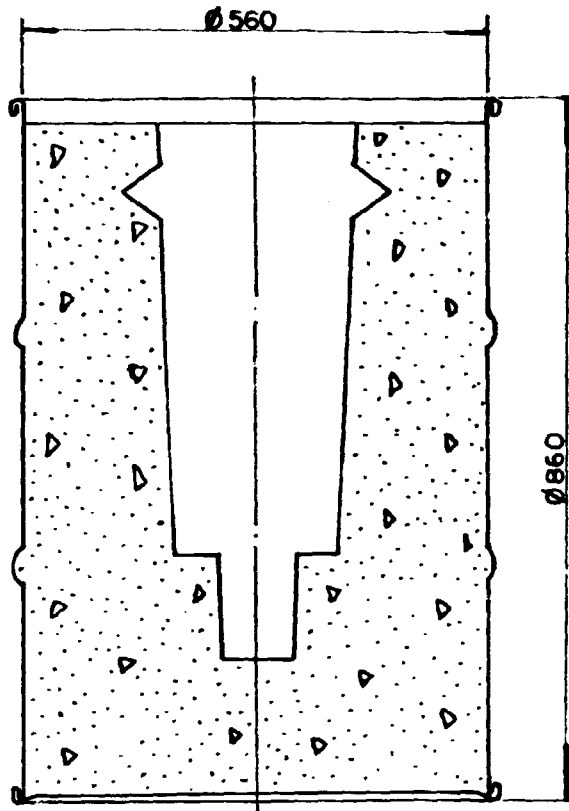


FIGURA 2-PRIMEIRA ETAPA DE MOLDAGEM DO BLOCO DE CONCRETO

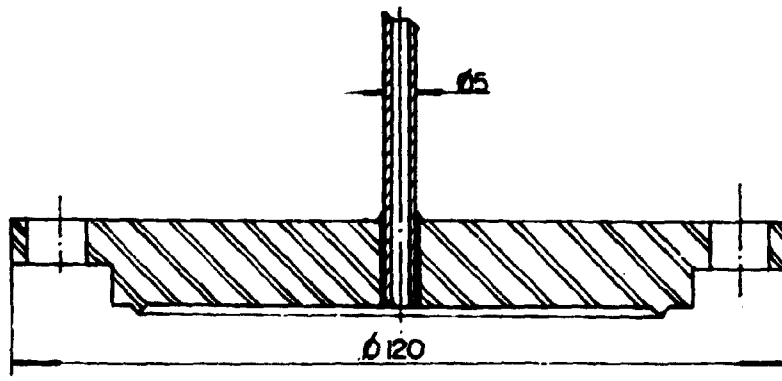
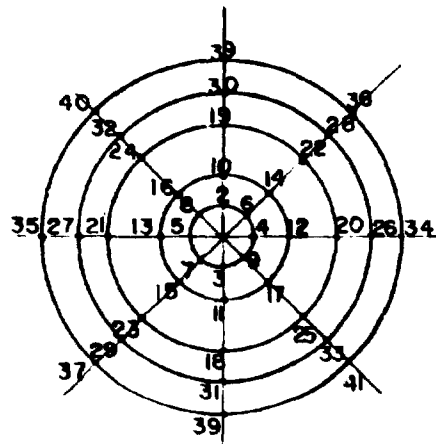


FIGURA 3-TAMPA DA CÁPSULA ADAPTADA PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE QUEDA LIVRE.



TAMPA

1			29 +			57 +			85 +		
2			30 +			58 +			86 +		
3			31 +			59 +			87 +		
4			32 +			60 +			88 +		
5			33 +			61 +			89 +		
6	17 +	23 +	34 +	45 +	51 +	62 +	73 +	79 +	90 +	101 +	107 +
7	18 +	24 +	35 +	46 +	52 +	63 +	74 +	80 +	91 +	102 +	108 +
8	19 +	25 +	36 +	47 +	53 +	64 +	75 +	81 +	92 +	103 +	109 +
9	20 +	26 +	37 +	48 +	54 +	65 +	76 +	82 +	93 +	104 +	110 +
10	21 +	27 +	38 +	49 +	55 +	66 +	77 +	83 +	94 +	105 +	111 +
11	22 +	28 +	39 +	50 +	56 +	67 +	78 +	84 +	95 +	106 +	112 +
12			40 +			68 +			96 +		
13			41 +			69 +			97 +		
14			42 +			70 +			98 +		
15			43 +			71 +			99 +		
16			44 +			72 +			100 +		

SUPERFÍCIE LATERAL DESENVOLVIDA

FIGURA 4- MAPEAMENTO DA EMBALAGEM